UNIVERSITY OF ILLINOIS LIBRARY
DEC 30 1913

Untersuchungen über den ultravioletten Teil einiger Fixsternspektren

nach Aufnahmen von Prof. Hartmann.

REMOTE STORAGE

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Philosophischen Fakultät der Georg-August-Universität

zu Göttingen

vorgelegt von

Bernhard **Otto Kohl.**

Göttingen 1913.

Druck der Dieterichschen Universitäts-Buchdruckerei (W. Fr. Kaestner).

Referent: Herr Prof. Dr. J. Hartmann.

Tag der mündlichen Prüfung: 28. Mai 1913.

523.87
K82u
REMOTE STORAGE

Die beiden äußeren Teile des Spektrums, das Rot und das Ultraviolett, sind bis jetzt in den astrophysikalischen Forschungen nur wenig berücksichtigt worden. Bei Untersuchungen im roten Teile werden die photographischen Aufnahmen durch die für diese Wellenlängen geringe Empfindlichkeit der gewöhnlichen Platten erschwert; jedoch ist man in neuerer Zeit unter Anwendung einer besonders präparierten Schicht auch hier erfolgreich vorgedrungen. Für Aufnahmen des ultravioletten Teiles ist die gewöhnliche photographische Platte zwar gut verwendbar, aber hier ist es die Absorption des Lichtes in den optischen Apparaten, welche die Untersuchungen nur bis zu einer bestimmten Grenze auszudehnen gestattet. Denn bekanntlich absorbieren Spektrographen, deren optische Teile aus den älteren Glassorten bestehen, alles Licht von kürzerer Wellenlänge als etwa λ 3600 AE, und für Untersuchungen, die sich auf den Teil des Spektrums von größerer Brechbarkeit beziehen, ist es daher erforderlich, die Linsen und Prismen des Spektrographen aus einem Material herzustellen, das Licht dieser Art nicht absorbiert. Aus praktischen Gründen kommen hierfür nur Quarz (Bergkristall) und Kalkspat, sowie seit einigen Jahren in beschränktem Maße das Jenaer Uviolglas in Betracht. Obwohl besonders Quarz durchlässig ist für Lichtstrahlen von Wellenlängen bis nahezu 1200 AE, so ist es doch nicht möglich, in den Spektren coelestischer Objekte diese Region der kleinen Wellenlängen zu erhalten, denn durch die Absorption des Lichtes in der Erdatmosphäre ist den Spektren der Himmelskörper eine bestimmte Grenze gesetzt, die nach den neuesten Untersuchungen von Miethe über das Ende des Sonnenspektrums bei λ 2911 AE liegt. Licht von kürzerer Wellenlänge erreicht die Erdoberfläche überhaupt nicht mehr, sodaß diese Spektralteile für uns immer verschlossen bleiben. Vermutlich ist es der Ozongehalt der Atmosphäre, welcher die Absorption des Lichtes dieser kurzen Wellenlängen verursacht, und die mitgeteilte Grenze kann auch nur unter außerordentlich günstigen klimatischen Verhältnissen und in sehr durchsichtiger Luft erreicht werden; meistens wird das Ende des Spektrums schon bei bedeutend größeren Wellenlängen liegen, etwa bei λ 3100 AE.

Die ersten Versuche, den ultravioletten Teil der Sternspektren auf der photographischen Platte festzuhalten, wurden von William Huggins um die Mitte

der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts angestellt. Er machte Aufnahmen der Spektren von Fixsternen, Nebeln, der Sonne, vom Mond und von den Planeten. Bei diesen Arbeiten verwendete er einen Spaltspektrographen mit einem oder zwei Kalkspatprismen von je 60° brechendem Winkel und Quarzlinsen sowohl für den Kollimator als auch für die Kamera. Er verband diesen Apparat mit einem Reflektor von 46 cm Öffnung und erhielt auf diese Weise Spektren, in denen er deutliche Absorptionslinien nachweisen konnte. Seine ersten Untersuchungen (Proc. Roy. Soc. Bd. 25, 1876, pg. 445) bezogen sich auf das Spektrum von α Lyrae, das in der Gegend der Fraunhoferschen Linie S (λ 3100) des Sonnenspektrums sein Ende erreichte. Nach diesem glücklichen Erfolg in der photographischen Aufnahme eines Sternspektrums, dehnte er seine Untersuchungen auch auf andere Sterne aus und teilte die Resultate dieser umfangreicheren Arbeiten in einer Abhandlung mit: „On the Photographic Spectra of Stars." (Phil. Trans. 1880, Part II, pg. 669). In dieser Arbeit gibt er außer einer ausführlichen Beschreibung der einzelnen Spektren, die sich besonders auf das Aussehen der vorhandenen Linien bezieht, auch Werte der Wellenlängen dieser Linien. Zu diesem Zwecke stellte er aus den Messungen bekannter Spektren irdischer Stoffe, Eisen, Calcium, Cadmium und Magnesium, und dem Sonnenspektrum eine Interpolationskurve her, aus welcher er die Wellenlängen der in den Sternspektren gemessenen Linien entnahm. Bei der Konstruktion dieser Kurve legte er für die Wellenlängen der Linien des Sonnenspektrums die von Cornu gefundenen Werte zugrunde (Cornu: Sur le spectre normal du soleil, partie ultraviolette. Ann. sctf. de l'École Norm. 2. Série, Tome IX; 1880) und für die Wellenlängen der irdischen Stoffe die von Mascart angegebenen Werte (Mascart: Recherches sur la Détermination des Longueurs d'Ondes. Ann. sctf. de l'École Norm. Tome IV. p. 1). Die Werte der Wellenlängen, die er auf diese Weise ermittelte, konnten für die damalige Zeit, wo dieses Gebiet der astronomischen Forschung erst neu eröffnet wurde, als von befriedigender Genauigkeit gelten. Huggins selbst gibt an, daß die gefundenen Wellenlängen um höchstens ± 2 AE falsch sein könnten, in der Mehrzahl der Fälle jedoch eine Genauigkeit von ± 1 AE besäßen. Daß er diese Genauigkeit in der Tat nicht erreicht hat, geht schon aus dem angewendeten Verfahren, der Benutzung einer Interpolationskurve, hervor. Denn abgesehen von der unsicheren Zeichnung gestattet ja eine solche Kurve auch nicht, die durch Temperaturänderungen bewirkte Dispersionsänderung des Spektrographen zu berücksichtigen. In wieweit es zutrifft, daß die Wellenlängen der Linien die angegebene Genauigkeit besitzen, geht aus einem Vergleich seiner Werte mit den von mir gefundenen hervor.

Diese Hugginssche Arbeit ist bis auf die neueste Zeit die einzige, in der eine Bestimmung der Wellenlängen von Linien in diesem Teile des Spektrums ausgeführt wird. Ferner kommt für die vorliegende Untersuchung noch sein „Atlas of Representative Stellar Spectra" in Betracht, in welchem außer den in der genannten Arbeit untersuchten Spektren eine größere Zahl neueren Datums — bis 1898 — reproduziert sind. Das Ende dieser Spektren ist auf den

Tafeln einheitlich auf λ 3300 AE festgesetzt, obwohl die Negative noch weiter nach der brechbareren Seite reichen. In diesem Werke führt Huggins keine Bestimmung von Wellenlängen aus, sondern begnügt sich damit, neben jedes Spektrum eine Skala zu drucken, an welcher die Wellenlängen der Linien bis auf etwa 1 AE abgelesen werden können. Ich werde später Gelegenheit haben, auch diese Tafeln einer näheren Untersuchung zu unterziehen.

Mit diesen Arbeiten sind die wichtigsten Untersuchungen über den vorliegenden Gegenstand genannt. Es sind noch die Arbeiten N. Lockyers zu erwähnen, die er 1904 mit einem Kalkspatspektrographen ausführte. (Proc. Roy. Soc. Vol. 73, pg. 227; Vol. 76, pg. 145). Mit ihm erhielt er Spektren, die weit ins Ultraviolett reichten, aber er führte keine Bestimmung der Wellenlängen von Linien durch, da er nur aus der mehr oder weniger weiten Ausdehnung der Spektren nach der Seite der kurzen Wellenlängen einen Rückschluß auf die relative Temperatur der Sterne ziehen wollte. Zu diesem Zwecke nahm er auf einer jeden Platte die Spektren zweier verschiedener Sterne dicht nebeneinander unter möglichst gleichartigen Bedingungen auf und konnte so schnell und leicht feststellen, welches von beiden sich weiter ins Ultraviolett erstreckte, ohne Messungen an den Aufnahmen ausführen zu brauchen.

Größer ist die Zahl der Arbeiten, die sich auf Untersuchungen des ultravioletten Spektrums von Nebeln und neuen Sternen beziehen. Auf diesem Gebiete sind zu nennen eine Arbeit E. v. Gothards (Astron. Nachr. Bd. 131. 1892), in welcher das Spektrum der Nova Aurigae mit denen mehrerer Nebel verglichen wird. In ihr teilt v. Gothard Wellenlängen von Linien sowohl des Novaspektrums als auch der Nebelspektren mit, zu deren Ermittelung er eine Interpolationskurve benutzt. Eine umfangreichere Arbeit über Nebelspektren ist auf der Licksternwarte im Jahre 1902 von H. K. Palmer ausgeführt worden („An Application of the Crossley Reflektor of the Lick Observatory to the study of very faint spectra". Lick Bulletin 25). Mit einem kleinen Quarzspektrographen erhielt er Spektren, die ihr Ende etwa bei λ 3370 AE haben und bestimmte die Wellenlängen der vorhandenen Linien ebenfalls aus einer Interpolationskurve, die ihm Werte lieferte, welche mit denen v. Gothards gut übereinstimmten. Mit demselben Spektrographen sind später noch öfter die Spektren vor allem schwacher Himmelskörper untersucht worden; so erhielt Burns 1910 damit Aufnahmen des Ringnebels in der Leier und der Spektren einiger neuer Sterne.

Nicht in Betracht kommen für die vorliegende Arbeit die zahlreichen Untersuchungen, welche mit Glasapparaten durchgeführt wurden, wie der von Pickering im Jahre 1890 herausgegebene Draper Katalog der Spektren von 10351 Sternen (Ann. Harv. Coll. Vol. 27), die von Vogel und Wilsing über die Spektra von 528 Sternen durchgeführte Untersuchung (Publ. d. Astroph. Obs. Potsdam Nr. 39, Bd. 12) und der „Catalogue of 470 of the Brighter Stars" von Lockyer. Sie alle enthalten nur Angaben über Linien, deren Wellenlänge größer als etwa λ 3700 ist.

Mit den hier angeführten Arbeiten ist die Literatur über Untersuchungen

des ultravioletten Spektrums der Himmelskörper erschöpft, und man erkennt, daß auf dem Gebiete der Bestimmung von Wellenlängen in diesem Spektralteile wenigstens in Bezug auf die Fixsterne bisher sehr wenig Untersuchungen angestellt sind, und daß besonders exakte Bestimmungen unter Benutzung der scharfen rechnerischen Methoden der Neuzeit vollständig fehlen. Da aber gerade dieser Teil des Spektrums für die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung der Sterne und der Energieverteilung im Spektrum besonders wichtig ist, so begann Herr Prof. Hartmann im Jahre 1904 in Potsdam einige Vorversuche über Aufnahmen im Ultraviolett, die, mit einem kleinen und wohlfeilen Spektrographen ausgeführt, als Vorbereitung für eine umfangreichere Untersuchung dienen sollten. Bei dieser sollte zunächst derselbe spaltlose Spektrograph mit einem großen parabolischen Spiegel verbunden werden, wodurch eine außerordentlich große Lichtstärke erreicht worden wäre, die, eventuell bei gesteigerter Dispersion, eine Erforschung der äußersten Spektralbezirke ermöglichen sollte. Leider konnte dieser Plan bisher nicht zur Ausführung gebracht werden, da in Göttingen nicht nur die nötigen Mittel, sondern namentlich die unerläßlichen klimatischen Vorbedingungen für so schwierige photographische Aufnahmen fehlen. Immerhin hatten auch jene vorläufigen Aufnahmen schon einige interessante Erscheinungen gezeigt und namentlich zur Entdeckung von Absorptionsbändern am ultravioletten Ende der Spektra geführt. Da eine definitive Bearbeitung dieser Spektralaufnahmen bisher noch nicht erfolgt war und auch von anderer Seite in den seit den Aufnahmen nun vergangenen 10 Jahren nichts über diesen Gegenstand veröffentlicht worden ist, so hat mich Herr Prof. Hartmann mit der Bearbeitung dieses bis jetzt wohl einzigartigen Materials betraut, und ich möchte ihm dafür auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Der Spektrograph.

Der Quarzspektrograph, mit dem die Aufnahmen gemacht sind, wurde von Prof. Hartmann in der Zeitschrift für Instrumentenkunde (Bd. 25; pg. 161; 1905) eingehend beschrieben, sodaß hier einige kurze Angaben über das Instrument genügen werden.

Um möglichst große Lichtstärke zu erreichen, wurde bei der Konstruktion des Spektrographen auf die Anwendung des Spaltes verzichtet, der stets große Lichtverluste bedingt, und die Zahl der optischen Teile wurde auf das Minimum reduziert. Der Apparat gehört also dem Typus der Objektivprismen, oder wie man neuerdings vielfach sagt, der Prismenkamera an. Er enthält ein Quarzprisma von 60^0 und als Kameraobjektiv eine einfache Quarzlinse von 40 mm Öffnung und 320 mm Brennweite, deren sphärische Aberration durch Retusche beseitigt wurde. Das Prisma, welches zur Aufhebung der Doppelbrechung in bekannter Weise aus einer rechts und einer links drehenden Hälfte besteht, ist jedoch nicht in der von Cornu angegebenen Art durch Zusammenlegen der beiden

zur Achse senkrecht geschnittenen Kathetenflächen zu einem 60°-Prisma vereinigt. Vielmehr ist die eine Prismenhälfte mit ihrer Kathete senkrecht zur optischen Achse der Kamera dicht vor deren Objektiv befestigt, die andere Hälfte berührt die erstere nur längs der Basiskante und kehrt ihre Kathete senkrecht dem einfallenden Lichte des Sternes zu. Diese zuerst von Young angegebene Art der Halbprismen-Aufstellung ist bei gegebener Größe der Prismen am lichtstärksten — es konnten zylindrische Strahlenbüschel von 40 mm Durchmesser die Prismen ungehindert passieren — und bietet außerdem den großen Vorteil, daß sich der Strahl, der in der Achse der Kamera verläuft, von selbst im Minimum der Ablenkung befindet.

Bei der Aufnahme eines Spektrums ist der Apparat so zu richten, daß das Licht senkrecht auf die erste Prismenfläche fällt. Um dieses einfach zu ermöglichen, wurde der Spektrograph in der Zeit, als das Objektiv des großen Potsdamer Refraktors zur Korrektur in München war, an den Okularauszug des Refraktors angesetzt, sodaß die genannte Kathetenfläche senkrecht zur optischen Achse des jetzt leeren Refraktorrohres war. Als Ersatz für das 290 kg schwere Refraktorobjektiv war an dessen Stelle während der Aufnahmen eine ebenso schwere gußeiserne Scheibe eingesetzt, in deren Mitte eine Öffnung von genügendem Durchmesser die optische Achse frei ließ. Die auf diese Art erhaltenen Spektren sind es besonders, die das Material zu dieser Untersuchung geliefert haben; es sind die im folgenden mit Q (Quarzspektrograph) bezeichneten. Mit der Beendigung der Korrektur des 80 cm-Objektives und seiner Wiedereinsetzung in den Refraktor war die Möglichkeit, weitere Aufnahmen dieser Art zu erhalten, nicht mehr vorhanden, und auch eine Fortsetzung in späterer Zeit mußte unterbleiben, jedoch ist geplant, diese Untersuchungen bei passender Gelegenheit weiterzuführen. Einige wenige Aufnahmen wurden noch mit demselben Spektrographen erhalten, jedoch konnte er dabei nicht mehr in der beschriebenen Weise als Prismenkamera verwendet werden, sondern mußte, mit einem Kollimator und Spalt versehen, in Verbindung mit dem 80 cm-Refraktor benutzt werden. Die Kollimatorlinse war entsprechend der freien Öffnung des Spektrographen und dem Öffnungsverhältnis (1 : 15) des großen Refraktors ein achromatisches Objektiv aus Jenaer Uviolgläsern von 40 mm Öffnung und 60 cm Brennweite. Die so erhaltenen Spektren — sie erhielten die Bezeichnung UQ — zeigen deutlich die große absorbierende Kraft des Refraktorobjektivs für kurzwelliges Licht; praktisch liegt die Grenze ungefähr bei λ 3600, obgleich bei dem Spektrum von α Cygni (vgl. unten) der letzte eben noch sichtbare Lichteindruck bei λ 3515 festgestellt worden ist. Um den ultravioletten Teil einiger Sternspektren möglichst weit auch mit etwas stärkerer Dispersion zu erhalten, hatte Prof. Hartmann schon früher verschiedene Spektren mit dem Glasspektrographen I des Observatoriums in Verbindung mit dem 80 cm-Refraktor aufgenommen, wobei die Belichtungszeiten besonders lang ausgedehnt wurden, um möglichst weit in den ultravioletten Teil des Spektrums vorzudringen. Von diesen gelangen hier ebenfalls zwei zur Bearbeitung, um eine Vergleichung der Leistungen beider

Spektrographen zu ermöglichen. Es sind das die Spektren von α Cygni, I. 351 (46^m belichtet) und von α Lyrae, I. 617 (30^m belichtet). Beide erreichen ihr Ende bei ungefähr λ 3675. Im folgenden Verzeichnis sind Größe und Spektraltypus der Rev. Harvard Photometry entnommen.

Verzeichnis der gemessenen Spektren.

Nr.	Nr. der Platte	Datum der Aufnahme	M. E. Z. d. Mitte d. Aufnahme	Objekt	Größe	Typus	Belichtung	Temperatur	Beobachter
1	I. 351	1902 VII. 5.	$9^h\ 31^m$	α Cygni	1.3	A2 F	46^m	$+17^0.8 + 16^0.4$	H.
2	I. 617	1903 IX. 24.	10 47	α Lyrae	0.1	A	30	+ 14.0	„
3	Q. 34	1904 III. 5.	8 10	α Canis Minoris	0.5	F5 G	5	+ 0.5	„
4	„ 39	III. 8.	8 39	β Geminorum	1.2	K	12	+ 2.8	„
5	„ 44	III. 22.	7 55	α Canis Majoris	− 1.6	A	18	+ 8.2	„
6	„ 45	III. 22.	8 20	α Leonis	1.3	B8 A	14	+ 8.2	„
7	„ 57	III. 27.	8 44	α Canis Minoris	0.5	F5 G	8	+ 12.3	„
8	„ 58	III. 27.	8 55	α Canis Minoris	0.5	F5 G	9	+ 12.3	„
9	„ 61	III. 27.	10 8	α Aurigae	0.2	G	16	+ 10.7	„
10	„ 71	IV. 12.	8 31	η Ursae Majoris	1.9	B3 A	6	+ 9.7	„
11	„ 79	IV. 18.	8 32	ζ Tauri	3.0	B3 A	16	+ 11.8	„
12	„ 82	IV. 19.	9 31	α Bootis	0.2	K	76	+ 11.5	„
13	„ 86	V. 9.	10 37	Nebel G. C. 4373	—	—	150	+ 12.5 + 10.0	„
14	„ 88	V. 13.	10 10	$\varkappa$ Draconis	3.9	B5 A	8	+ 12.3	„
15	„ 90	V. 14.	9 35	α Lyrae	0.1	A	20	+ 17.0	„
16	„ 107	1905 I. 10.	9 44	γ Orionis	1.7	B2 A	10	+ 0.8	„
17	„ 113	I. 15.	6 35	β Arietis	2.7	A5 F	8	− 4.3	„
18	„ 120	II. 19.	9 22	β Orionis	0.3	B8 A.	22	+ 3.0	„
19	UQ 157	1906 XI. 24.	11 30	γ Orionis	1.7	B2 A	5	+ 8.3	„
20	„ 195	1909 VI. 6.	10 30	α Lyrae	0.1	A	20	+ 16.0	„
21	„ 197	VI. 7.	10 55	α Cygni	1.3	A2 F	20	+ 14.0	„

Die Dispersionsformel.

Die Ausmessung der Platten geschah mit dem Toepferschen Meßmikroskop der Göttinger Sternwarte, dessen Schraube eine Ganghöhe von 0.5 mm besitzt. Vor Beginn der Spektralmessungen wurde die Schraube eingehend auf ihre periodischen und fortschreitenden Fehler untersucht. Die periodischen Fehler der Schraube sind so gering, daß sie ohne Bedenken unberücksichtigt bleiben können, was leider nicht mit den fortschreitenden geschehen darf, denn diese erreichen im Maximum einen Betrag von $+0.^R007$. Sobald die Schraube über größere Strecken zu den Messungen benutzt wurde, wie das bei den mit Spektrograph I erhaltenen Spektren erforderlich war, wurden die Messungen hinsichtlich der fortschreitenden Fehler korrigiert. Bei den übrigen Spektren konnte die Korrektion der Schraubenablesungen auf folgende Weise umgangen werden. Es hatte sich bei der Schraubenuntersuchung herausgestellt, daß die fortschreitenden Fehler der Schraube auf einer größeren Strecke konstant sind, nämlich zwischen den Revolutionen 40 und 70; für dieses ganze Intervall beträgt der Fehler $+0.^R007$. Wenn sonach alle Messungen mit diesem Teil der Schraube ausgeführt

werden, so ist eine Korrektion wegen fortschreitender Fehler nicht erforderlich. Das konnte nun in der Tat geschehen, denn die Länge der Q- und UQ-Spektren ist infolge der kurzen Brennweite des Kameraobjektivs und der schwachen Dispersion so gering (etwa 10 mm von *H* bis zum Ende des Spektrums), daß es möglich war, nur diesen beschränkten Teil der Schraube zu verwenden.

Da der weniger brechbare Teil der Sternspektren schon genügend bekannt ist, so wurde bei dieser Untersuchung nur derjenige Teil berücksichtigt, der sich von der Fraunhoferschen Linie H des Sonnenspektrums nach der Seite der kürzeren Wellenlängen erstreckt. In allen Fällen, in denen diese Linie vorhanden war, wurden die Spektren so in das Mikroskop eingelegt, daß auf sie nahezu die Schraubenablesung 45.^{R}0 kam. War diese Calciumlinie nicht vorhanden, so wurde die in ihrer Nähe liegende Linie *Hε* des Wasserstoffs auf diese Schraubenablesung gebracht. Das Ende des Spektrums fiel dann immer zwischen die Revolutionen 60 und 70, und es konnten also bei dieser Einlegung der Platten in das Mikroskop die fortschreitenden Fehler der Meßschraube unberücksichtigt bleiben.

Zur Ausmessung der Spektren wurde jede Platte zunächst so justiert, daß die Längsrichtung des Spektrums der Meßschraube parallel war; der einfache Faden des Mikroskops war parallel zu den Linien gerichtet. Jede Platte wurde in zwei Lagen gemessen; in der ersten Lage erscheint das brechbarere Ende des Spektrums rechts im Mikroskop, und mit wachsenden Schraubenablesungen werden Linien kürzerer Wellenlänge eingestellt; in Lage II wachsen die Wellenlängen mit den Schraubenablesungen. Um eine einfache Reduktion der Ablesungen der zweiten Lage auf die der ersten zu ermöglichen, legt man die Platte so in das Mikroskop ein, daß die Linie, die der Schraubeneinstellung 45.^{R}0 in der ersten Lage entsprach, jetzt auf die Ablesung 55.^{R}0 kommt. Man hat dann jede Ablesung der zweiten Lage nur von 100 zu subtrahieren, also ihr Komplement zu 100 niederzuschreiben, um die entsprechende für die erste Lage geltende Zahl zu erhalten. Auf diese Art wurden in der zweiten Lage die Revolutionen der Schraube zwischen 55 und 30 bis 40 benutzt, und es konnte also auch hier von einer Korrektion wegen fortschreitender Fehler abgesehen werden. Die Ablesungen an der Schraube wurden mit Hilfe eines Nonius bis auf 0.^{R}001 = 0.0005 mm erhalten, und das Mittel der Ablesungen der ersten Lage und der von 100 subtrahierten Ablesungen in der zweiten Lage wurde als das Ergebnis der Messungen der weiteren Rechnung zugrunde gelegt. Dieser Mittelwert wurde bis auf die vierte Decimale verwendet, jedoch hat letztere nur einen rein rechnerischen Wert. Die Einstellungen des Meßfadens wurden in der Weise vorgenommen, daß bei gut definierten Linien hintereinander zwei Einstellungen ausgeführt und das Mittel der Schraubenablesungen niedergeschrieben wurde; war die Linie schlecht einzustellen, so wurde das Mittel aus einer größeren Anzahl Einstellungen gebildet. In dieser Weise wurde jedes Spektrum in beiden Lagen zweimal, im ganzen also viermal, durchgemessen, möglichst so, daß zwischen den beiden Messungsreihen eine längere Zeit vergangen war, sodaß sie als gänzlich unabhängig von einander zu betrachten sind.

Die Ermittelung der zu den einzelnen Schraubenablesungen gehörigen Wellenlängen wurde nun nicht nach dem von den früheren Beobachtern angewandten Verfahren der Benutzung einer Interpolationskurve durchgeführt, sondern auf streng rechnerischem Wege unter Verwendung einer Dispersionsformel. Von den vielen bis heute aufgestellten Dispersionsformeln, die den Zweck haben, die Schraubenablesungen mit den Wellenlängen des prismatischen Spektrums zu verbinden, kommt für die praktische Rechnung jetzt allein die von Prof. Hartmann aufgestellte in Betracht, welche die Fähigkeit besitzt, alle Arten von prismatischen Spektren fast absolut genau darzustellen. (Publikation d. Astroph. Observ. zu Potsdam. Bd. 12. Anhang. Astron. Nachr. Bd. 155; Nr. 3702—04; pg. 101 ff.). Ist s die zu einer Linie gehörige Schraubenablesung und λ die Wellenlänge dieser Linie, so lautet die Formel, die den Zusammenhang von s und λ darstellt,

$$s - s_0 = \frac{c}{(\lambda - \lambda_0)^\alpha},$$

worin s_0, c, λ_0 und α disponible Konstanten sind, deren Werte aus den Messungen mehrerer Linien zu bestimmen sind. Über die Bedeutung dieser Konstanten sei auf die angeführten Arbeiten verwiesen, und ich will hier nur so viel erwähnen, daß λ_0 und α für ein und denselben Apparat als unveränderlich angesehen werden können, während c variabel ist und besonders durch Temperaturveränderungen beeinflußt wird; s_0 ist eine rein additive Größe, die von der zufälligen Lage der Platte bei der Ausmessung abhängt. Die Auflösung der Formel nach λ ergibt

$$\lambda = \left(\frac{c}{s - s_0}\right)^{\frac{1}{\alpha}} + \lambda_0;$$

nach dieser Formel sind alle Wellenlängen der Linien der Q- und UQ-Spektren berechnet worden. Nur für die beiden mit Spektrograph I erhaltenen Spektra wurde nicht direkt nach dieser Formel gerechnet, sondern die Wellenlängen wurden aus Tafeln entnommen, die mir Herr Prof. Hartmann freundlichst zur Verfügung gestellt hatte. (Über die Anlegung und Benutzung derartiger Tafeln vergleiche man die angeführte Arbeit in den Astron. Nachr. Bd. 155.)

Die Aufstellung der Dispersionsformel für einen Spektrographen geschieht gewöhnlich unter Benutzung der Linien eines Vergleichsspektrums. Von diesem Vorteil konnte bei dem vorliegenden Plattenmaterial aber kein Gebrauch gemacht werden, da, wie oben ausgeführt, die Q-Spektren ohne Kollimator aufgenommen worden waren, also kein irdisches Vergleichsspektrum besitzen konnten. Unter diesen Umständen mußten die Linien des Sternspektrums selbst zu dieser Untersuchung herangezogen werden. Die Aufsuchung und genaue Identifikation der für diesen Zweck brauchbaren Linien war eine der wichtigsten und nicht ganz leichten Aufgaben der vorliegenden Arbeit. Da die linienarmen Spektren der Sterne des ersten Spektraltypus fast nur die Wasserstofflinien zeigten, und

diese nur einen geringen Teil des ultravioletten Spektrums umfassen, so konnte ich diese Spektren für die Aufstellung der Formel nicht benutzen, vielmehr mußte hierfür ein Spektrum gewählt werden, das bis in das äußerste Ultraviolett eine große Zahl gut definierter Linien zeigte. Als solches war das von α Aurigae (Capella) gut geeignet. Schon Huggins hat die große Ähnlichkeit des Capellaspektrums mit dem Sonnenspektrum richtig erkannt, und es gelang mir, die hauptsächlichsten Fraunhoferschen Linien des Sonnenspektrums, H und K, die Gruppen L, M, N, O, P mit Linien oder Liniengruppen des Sternspektrums zu identifizieren. Nach dieser ersten und nur rohen Vergleichung nahm ich eine genauere Identifikation des Spektrums vor, indem ich Linie für Linie mit solchen des Sonnenspektrums zu identifizieren versuchte, wobei mir die Higgsschen Aufnahmen des Sonnenspektrums gute Dienste leisteten. Es gelang mir, sämtliche Linien des Capellaspektrums mit Linien des Sonnenspektrums zu identifizieren, wobei besonders darauf Rücksicht genommen werden mußte, daß wegen der geringen Dispersion des Spektrographen Liniengruppen des Sonnenspektrums im Sternspektrum nicht immer genügend aufgelöst waren; doch konnte immer leicht erkannt werden, welche Linien einer solchen Gruppe des Sonnenspektrums einen Beitrag zu der entsprechenden Linie im Sternspektrum geliefert hatten. Die Wellenlängen der Sonnenlinien, denen Linien im Sternspektrum entsprachen, entnahm ich aus Rowlands „Preliminary Table of Solar Spectrum Wave-Lengths“ (Astroph. Journ. I, IV, V.) Entsprach der Linie des Sternspektrums eine Liniengruppe im Sonnenspektrum, so wurde aus den Wellenlängen dieser einzelnen Linien das Mittel gebildet, wobei die von Rowland angegebenen Intensitätszahlen den verschiedenen Linien als Gewichte beigelegt wurden. Auf diese Weise ermittelte ich die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Wellenlängen von Linien im Spektrum von α Aurigae.

Die Zahlen der ersten Kolumne enthalten die zu den betreffenden Linien gefundenen Schraubenablesungen und die der zweiten die zugehörigen Wellenlängen, wie sie nach dem eben beschriebenen Verfahren aus dem Sonnenspektrum ermittelt wurden. Um für die Schraubeneinstellungen gerade bei diesem Stern möglichst genaue Werte zu erhalten, wurde das Spektrum in beiden Lagen bei ungeänderter Lage im Mikroskop zweimal kurz hintereinander durchgemessen, und die mitgeteilten Zahlen sind die Mittelwerte aus den vier Messungsreihen; sie sind bis auf die vierte Decimale angegeben, wie sie unmittelbar aus der Mittelbildung folgt. Die übrigen Kolumnen der Tabelle werden gleich näher erklärt werden.

Spektrum Q 61 von α Aurigae. 1904, März 27.

s	$\lambda\odot$	$\lambda_{(1)}$	$\lambda_{(5)}$	$d\lambda_{(1)} = \lambda\odot - \lambda_{(1)}$	$d\lambda_{(5)} = \lambda\odot - \lambda_{(5)}$	ds für $\alpha = 5$
Rev.	AE	AE	AE	AE	AE	Rev.
45.0005	3968.63	67.97	68.49	+ 0.66	+ 0.14	— 0.0024
6123	33.83	33.83	33.93	0.00	— 0.10	+ 18
46.7420	3872.47	72.97	72.66	— 0.50	— 0.19	+ 36
9815	60.06	60.42	59.94	— 0.36	+ 0.12	— 23
47.3667	39.53	40.47	39.98	— 0.94	— 0.45	+ 87
4907	33.21	34.12	33.52	— 0.91	— 0.31	+ 60
7487	20.53	20.99	20.37	— 0.46	+ 0.16	— 32
48.1875	3798.45	98.97	98.30	— 0.32	+ 0.15	— 30
4022	88.05	88.34	87.65	— 0.29	+ 0.40	— 81
49.0040	58.36	58.96	58.26	— 0.63	+ 0.10	— 21
1877	49.36	50.14	49.44	— 0.78	— 0.08	+ 17
7855	21.11	21.82	21.18	— 0.71	— 0.07	+ 15
51.7745	3631.56	32.01	31.67	— 0.45	— 0.11	+ 25
52.0712	18.99	19.16	18.88	— 0.17	+ 0.11	— 26
2855	09.47	09.96	09.73	— 0.49	— 0.26	+ 61
8560	3585.37	85.82	85.71	— 0.45	— 0.34	+ 81
9572	81.59	81.59	81.49	0.00	+ 0.10	— 24
53.2297	70.10	70.27	70.23	— 0.17	— 0.13	+ 32
3402	65.75	65.72	65.69	+ 0.03	+ 0.06	— 15
55.0615	3496.83	96.92	97.22	— 0.09	— 0.39	+ 101
9955	61.73	61.25	61.68	+ 0.48	+ 0.05	— 13
56.2182	53.30	52.90	53.36	+ 0.40	— 0.06	+ 16
7562	33.58	33.01	33.53	+ 0.57	+ 0.05	— 14
58.0087	3388.38	88.03	88.64	+ 0.35	— 0.26	+ 74
2400	80.64	79.92	80.54	+ 0.72	+ 0.10	— 29
7895	61.65	60.91	61.52	+ 0.74	+ 0.13	— 38
59.1355	49.67	49.10	49.71	+ 0.47	— 0.04	+ 12
4082	40.24	39.90	40.49	+ 0.34	— 0.25	+ 74
5260	36.64	35.94	36.53	+ 0.70	+ 0.11	— 33
7280	29.78	29.19	29.76	+ 0.59	+ 0.02	— 6
9175	23.09	22.90	23.46	+ 0.19	— 0.37	+ 111
61.7302	3264.87	64.57	64.87	+ 0.30	0.00	0
62.5575	39.37	39.01	39.11	+ 0.36	+ 0.26	— 84
6345	36.66	36.66	36.75	0.00	— 0.09	+ 29

Beim Anschluß der Dispersionsformel an das Spektrum hat man darauf zu achten, daß die für die Rechnung verwendeten Linien möglichst über die ganze Strecke des Spektrums verteilt sind, die durch die Formel dargestellt werden soll. Zur Bestimmung der vier Konstanten der Formel genügen theoretisch vier Linien, deren Wellenlängen und zugehörige Werte der Schraubeneinstellungen bekannt sein müssen. Untersuchungen, die ich in der Absicht anstellte, vier solcher Beobachtungsgleichungen direkt nach α aufzulösen, führten zu derartig komplizierten Ausdrücken, daß es nicht ratsam erschien, auf diesem Wege die praktische Rechnung durchzuführen. Daher habe ich bei der Ermittelung der Werte dieser vier Konstanten den von Prof. Hartmann vorgeschlagenen indirekten Weg befolgt (Potsdamer Publikationen Bd. 12).

Unter der Annahme $\alpha = 1$ genügen drei Linien zur Bestimmung der übrigen Konstanten, und ich wählte als diese drei die folgenden:

s	λ
45.6123	3933.83
52.9572	3581.59
62.6345	3236.66

Mit ihnen führte die Rechnung zu den Werten:

$$s_0 = -3.6607; \quad \lambda_0 = +1218.6 \text{ und } \log c = 5.126416,$$

sodaß also bei Anschluß an diese drei Linien und unter der Annahme $\alpha = 1$ das Spektrum dargestellt würde durch die Formel

$$\lambda = \frac{[5.126416]}{s + 3.6607} + 1218.6.$$

Werden nun hiermit die Wellenlängen der übrigen in der Tabelle enthaltenen Linien berechnet, so erhält man die in Kolumne 3 enthaltenen Werte; die Überschrift $\lambda_{(1)}$ deutet an, daß die Rechnung mit dem Werte $\alpha = 1$ durchgeführt wurde. Ein Vergleich dieser Zahlen mit denen der zweiten Kolumne zeigt, daß die Darstellung des Spektrums schon bei diesem nur genäherten Anschluß an 3 Linien befriedigend ist, indem die Differenzen $d\lambda_{(1)} = \lambda_\odot - \lambda_{(1)}$, die in der fünften Kolumne enthalten sind, den Betrag 1 AE nicht erreichen. Man erkennt aber zugleich, daß diese Differenzen einen systematischen Gang zeigen, indem ihr Vorzeichen in der ersten Hälfte durchweg negativ, in der zweiten positiv ist. Diese Erscheinung deutet stets darauf hin, daß sich die Darstellung durch Wahl eines anderen Wertes für α verbessern läßt.

Um nun eine möglichst genaue Darstellung des Spektrums durch die Formel zu erreichen, ist es nicht zulässig, den Anschluß nur an 3 Linien vorzunehmen, es müssen vielmehr wegen der unvermeidlichen Messungsfehler eine größere Anzahl hierzu verwendet werden, und ich zog daher in folgender Weise alle in der Tabelle enthaltenen Linien heran. Analog dem Verfahren der Aufstellung von Normalörtern, wie es in der astronomischen Bahnbestimmung gebräuchlich ist, stellte ich fünf Normallinien her, die in gleichen Abständen über die anzuschließende Strecke des Spektrums verteilt waren. Zu diesem Zwecke wurden die Differenzen $d\lambda_{(1)} = \lambda_\odot - \lambda_1$ als Ordinaten zu den Schraubenablesungen als Abszissen aufgetragen (siehe Figur 1; Einheit d. Ordin. 1 mm = 0.1 AE). Durch die so erhaltenen Punkte wurde eine Kurve gelegt, wodurch auf graphischem Wege eine Ausgleichung der Meß- und Identifikationsfehler erzielt wurde. Diese Kurve zeigt nun, um wieviel die nach der Formel berechnete Wellenlänge der zu einer Schraubenablesung gehörigen Linie von der wirklichen, aus dem Sonnenspektrum ermittelten, abweicht. Man kann daher mit Hilfe dieser Kurve die aus der Formel berechneten Wellenlängen auf ihre richtigen Werte reduzieren, indem man an ihnen die aus der Kurve zu entnehmende Korrektion ihrem Vorzeichen nach anbringt. Auf diese Weise ermittelte ich die Wellenlängen für folgende fünf fingierte Schraubenablesungen:

s	λ nach der Formel	$d\lambda$ aus der Kurve	λ
46.0000	3912.63	— 0.12	3912.51
50.0000	3711.81	— 0.64	3711.17
54.0000	3538.86	+ 0.10	3538.96
58.0000	3388.33	+ 0.60	3388.93
62.5000	3240.76	+ 0.13	3240.89

Die in der ersten und letzten Kolumne enthaltenen Wertepaare von s und λ gehören streng zu einander; sie sind als Normallinien, als Repräsentanten des ganzen gemessenen Spektrums anzusehen, und an sie wird nun die definitive Formel streng angeschlossen. Hat man erreicht, daß diese fünf Linien durch die Formel genau dargestellt werden, so ist damit auch die genaueste Darstellung des ganzen Spektrums gewonnen.

Ich berechnete nun zunächst wieder unter der Annahme $\alpha = 1$ aus der ersten, dritten und fünften Normallinie die übrigen Konstanten der Dispersionsformel und erhielt die von den oben mitgeteilten nur wenig abweichenden Werte:

$$s_0 = -3.7595; \quad \lambda_0 = +1215.5; \quad \log c = 5.127759.$$

Der geringe Unterschied dieser Werte gegen die früheren erklärt sich daraus, daß die oben der Berechnung zugrunde gelegten drei Linien mit ihren individuellen Messungsfehlern behaftet waren, von denen die jetzt benutzten Normallinien frei sind.

Rechnet man mit diesen neuen Werten der Konstanten die zweite und vierte Normallinie, so sieht man wieder, daß sie durch die Formel nicht dargestellt werden. Wird die Rechnung so durchgeführt, daß aus den Wellenlängen dieser Linien die Schraubeneinstellungen berechnet werden, so ist die Differenz der Normalwerte gegen die aus der Rechnung folgenden Zahlen für die zweite Linie $ds_2 = -0.^{R}0145$ und für die vierte $ds_4 = +0.^{R}0129$. Die entgegengesetzten Vorzeichen dieser Reste lassen erkennen, wie ich schon oben bemerkte, daß die Darstellung durch Verwendung eines anderen Wertes für α verbessert werden kann. Die Wiederholung der Rechnung mit einem beträchtlich größeren Werte dieses Exponenten, nämlich mit $\alpha = 3.5$, führte zu folgendem Konstantensystem:

$$s_0 = +16.6745, \quad \lambda_0 = -1696.5; \quad \log c = 14.588347.$$

Werden nun in derselben Weise wie vorhin die beiden anderen Normallinien berechnet, so bleiben jetzt die bedeutend kleineren Reste: $ds_2 = -0.^{R}0025$ und $ds_4 = +0.^{R}0018$. Obwohl die Darstellung in beträchtlichem Maße verbessert worden ist, genügt aber auch dieser Wert von α noch nicht ganz, um alle fünf Normallinien genau darzustellen.

Nach der regula falsi wurde nunmehr aus den für $\alpha = 1$ und 3.5 erhaltenen Resten ds_2 und ds_4 derjenige Wert von α extrapoliert, der diese Reste zu Null

machen würde. Aus ds_2 ergab sich $\alpha = 4.0$ und aus ds_4 folgte $\alpha = 3.9$. Da nun frühere Erfahrungen darauf hinwiesen, daß im vorliegenden Falle der nach der regula falsi ermittelte Wert stets zu klein ist, so wählte ich $\alpha = 5$. Mit diesem Wert ergaben sich die Konstanten:

$$s_0 = +19.1184, \quad \lambda_0 = -3445.5, \quad \log c = 20.763261.$$

Die jetzt bei der Berechnung der zweiten und vierten Normallinie bleibenden Reste sind $ds_2 = -0.^{\text{E}}0005$ und $ds_4 = -0.^{\text{E}}0006$. Der absolute Betrag dieser Zahlen ist so klein, daß ein besserer Anschluß nicht mehr erstrebt zu werden braucht. Da ds_4 sein Vorzeichen schon gewechselt hat, so ist $\alpha = 5$ schon etwas zu groß, und ds_4 würde gleich Null werden für etwa $\alpha = 4.7$ oder 4.8. Da jedoch $\alpha = 5$ ein für die weitere Rechnung äußerst angenehmer Wert ist, so soll er beibehalten werden, zumal auch mit dem streng richtigen Wert für α keine merkbar bessere Darstellung des Spektrums erzielt werden würde, denn schon $\alpha = 4$ würde zu einem befriedigenden Anschluß führen. Überhaupt bestätigt sich auch hier wieder die Erfahrung, daß der Wert von α nur ganz näherungsweise, auf eine geltende Ziffer genau, bestimmt zu werden braucht. Eine Änderung von α hat zwar, wie es nicht anders zu erwarten ist, starken Einfluß auf die übrigen Konstanten der Formel, doch nur einen verhältnismäßig geringen auf den Gesamtverlauf der Dispersionskurve.

Die definitive Dispersionsformel für das Spektrum Q 61 des Quarzspektrographen ist somit:

$$\lambda = \left(\frac{[20.763261]}{s - 19.1184}\right)^{\frac{1}{5}} - 3445.5.$$

Werden nach dieser Formel die Wellenlängen aller in obiger Tabelle enthaltenen Linien berechnet, so sind die Abweichungen gegen das Sonnenspektrum nur sehr gering, und sie zeigen keinen systematischen Gang mehr. Die Wellenlängen sind in Kolumne vier unter $\lambda_{(5)}$ und die Differenzen gegen das Sonnenspektrum in der sechsten Kolumne unter $d\lambda_{(5)}$ enthalten. Die graphische Darstellung dieser Reste in Figur 2 zeigt, daß sie sich fast ganz symmetrisch auf beide Seiten der horizontalen Abszissenachse verteilen, sodaß wir hier in der Hauptsache nur noch die zufälligen Beobachtungsfehler vor uns haben. Damit ist aber auch gezeigt, daß die erhaltene Dispersionsformel das Spektrum in der Tat am besten darstellt.

Kaum noch eine ganz geringe systematische Abweichung tritt jetzt in den $d\lambda_{(5)}$ hervor, die ihren Grund in der Genauigkeitsgrenze der Zeichnung der Ausgleichungskurve in Figur 1 hat, d. h. in einem kleinen Fehler in der Aufstellung der Normallinien. Bildet man nämlich das Mittel der $d\lambda_{(5)}$ für die in der Figur hervortretenden natürlichen Gruppen der Linien, so bleiben die folgenden geringfügigen Abweichungen bestehen:

s	$d\lambda$
45.0 bis 49.8	— 0.011 AE
51.7 „ 53.4	— 0.081 „
55.0 „ 56.8	— 0.088 „
58.0 „ 59.9	— 0.070 „
61.7 „ 62.7	+ 0.057 „

Es sind das Größen, die sich bei der Aufstellung der Normallinien in Figur 1 kaum noch deutlich erkennen ließen, und ihr vorwiegend negatives Vorzeichen deutet darauf hin, daß sie sich durch Änderung von λ_0 oder auch s_0 beseitigen lassen. Da nun aber bei der Reduktion der einzelnen Spektren s_0 und c immer wieder neu bestimmt wurden, so ist ein merklicher Einfluß dieser geringfügigen Abweichungen auf die Bestimmungen der Wellenlängen überhaupt nicht mehr zu erwarten, und es wurde aus diesem Grunde die angegebene Dispersionsformel zur Reduktion aller Q- und UQ-Spektren verwendet.

Für die Bestimmung des mittleren Fehlers einer Wellenlänge hat man zu berücksichtigen, daß zu dieser Untersuchung nicht die Werte der $d\lambda$ herangezogen werden dürfen, sondern die der ds, welche in der letzten Kolumne der Tabelle auf S. 12 mitgeteilt sind. Unter der Annahme, daß allen Linien das gleiche Gewicht beigelegt werden kann, die wohl auch erlaubt ist, weil nur solche Linien für die Untersuchung benutzt wurden, die gut definiert waren und sich also mit gleicher Genauigkeit einstellen ließen, findet man den mittleren Fehler der Messung einer Linie, ausgedrückt in Revolutionen der Schraube, zu

$$m_s = \pm 0.^{R}0048 = \pm 0.0024 \text{ mm}.$$

Mit diesem Werte ergeben sich folgende mittlere Fehler m_λ einer gemessenen Wellenlänge für die einzelnen Spektralgegenden:

λ	1 mm	m_λ
4000 AE	117.52 AE	± 0.28 AE
3900	108.38	0.26
3800	99.82	0.24
3700	91.82	0.22
3600	84.38	0.20
3500	77.44	0.186
3400	71.00	0.17
3300	65.00	0.156
3200	59.42	0.14
3100	54.26	0.13
3000	49.46	0.12

Die Zahlen dieser kleinen Tabelle lassen erkennen, daß für λ 3900, also für den Anfang der zur Untersuchung gelangten Spektralgegend, die Wellenlänge einer Linie mit einem mittleren Fehler von etwa $\pm$ 0.3 AE gemessen wird, während für das Ende, das in den meisten Fällen in der Gegend von λ 3200 liegt, der mittlere Fehler nur noch $\pm$ 0.15 AE beträgt. Diese Genauigkeit ist in Anbetracht der äußerst geringen Dispersion des Spektrographen, wie sie aus den Zahlen der letzten Kolumne hervorgeht, recht zufriedenstellend.

Die Messungen der Spektren.

Die Umrechnung der aus den Messungen erhaltenen Schraubeneinstellungen in Wellenlängen wurde nach der definitiven Dispersionsformel

$$\lambda = \left(\frac{c}{s - s_0}\right)^{\frac{1}{5}} - 3445.5$$

durchgeführt. Für das Spektrum von α Aurigae, aus dessen Messungen ja die Formel (Seite 15) ermittelt wurde, konnte ferner ohne weiteres noch die Konstante

$$\log c = 20.763261$$

verwendet werden. Das war jedoch nicht mehr zulässig für die übrigen Spektren. Die Größen λ_0, s_0, α und c der Dispersionsformel sind, wie oben schon kurz bemerkt, teils für alle Aufnahmen desselben Spektrographen konstant, teils sind sie in geringem Maße variabel. Die beiden Größen α und λ_0 können mit hinreichender Genauigkeit als für alle Spektren konstant angesehen werden, und die Reduktion sämtlicher Spektren wurde mit den gefundenen Werten $\alpha = 5$ und $\lambda_0 = -3445.5$ durchgeführt. Nicht konstant ist hingegen c. Es ist in hohem Grade abhängig von der Temperatur während der Aufnahme und der Plattenneigung, und es muß für jedes Spektrum, als eine ihm individuelle Konstante, neu bestimmt werden. Das gleiche gilt von der vierten Konstante s_0 die von dem Einlegen der Platte in das Mikroskop abhängt, also für jede Messungsreihe neu zu bestimmen ist. Damit diese beiden Größen, s_0 und c, so genau als möglich und auf einwandfreie Weise aus den Messungen der einzelnen Spektren bestimmt würden, ermittelte ich ihre Werte nicht nur aus den hierzu mindestens erforderlichen zwei Linien, da in diesem Falle alle Messungsfehler dieser Linien und die Fehler in der Annahme ihrer Wellenlängen in das Resultat ihrem vollen Betrage nach eingegangen wären, sondern ich zog zu dieser Rechnung so viele Linien heran als möglich. Aus ihnen allen wurden nach der Methode der kleinsten Quadrate die Werte von c und s_0 streng ermittelt. Eine jede dieser Linien liefert eine für s_0 und c lineare Bedingungsgleichung von der Form

$$s - s_0 = \frac{c}{(\lambda - \lambda_0)^5},$$

oder, wenn

$$\left(\frac{1}{\lambda - \lambda_0}\right)^5 = \beta$$

gesetzt wird,

$$s - s_0 - \beta c = 0.$$

Die n Bedingungsgleichungen für n Linien führen zu den zwei Normalgleichungen:

$$n s_0 + [\beta] c - [s] = 0$$
$$[\beta] s_0 + [\beta\beta] c - [\beta s] = 0,$$

aus denen c und s_0 folgen.

Zu dieser Rechnung wurden nun nur solche Linien herangezogen, deren Wellenlängen zweifelsfrei angegeben werden konnten. Für diejenigen Spektren, welche die Wasserstofflinien besitzen, wurden deren Wellenlängen nach Eversheds [1]) Messungen angenommen; die übrigen Spektren, die dem von α Aurigae mehr oder weniger gleichen, wurden auf dieses Spektrum bezogen, und für dessen Linien die aus dem Sonnenspektrum ermittelten Werte zugrunde gelegt. Die Vergleichung und Identifizierung dieser Spektra (α Can. Min., α Bootis, β Geminorum) mit dem der Capella wurde mit dem Hartmannschen Spektrokomparator ausgeführt, wodurch eine sichere und schnelle Identifikation erzielt wurde. Fast alle Linien des Spektrums von α Aurigae konnten auch in diesen Spektren nachgewiesen werden, und namentlich konnten Intensitätsverschiedenheiten der Linien in den einzelnen Spektren durch diese Art der Vergleichung leicht erkannt werden. Für die Ausgleichung wurden nun nur solche Linien verwendet, die in ihrem Charakter denen von α Aurigae vollkommen glichen, sodaß ihnen mit sehr großer Wahrscheinlichkeit dieselben Wellenlängen beigelegt werden konnten wie in diesem Stern.

Die (Seite 20) folgende Zusammenstellung der gemessenen Spektren enthält in den ersten beiden Kolumnen für jedes Spektrum die Schraubenablesungen der beiden getrennten Messungsreihen. Die beiden folgenden Spalten enthalten die ihnen entsprechenden Wellenlängen, wie sie die Rechnung nach der für das betreffende Spektrum geltenden Dispersionsformel liefert. Die Wellenlängen sind hierbei bis auf hundertstel Ångströmeinheiten angegeben, wie sie direkt aus der mit sechsstelligen Logarithmen durchgeführten Rechnung folgen, jedoch kann der zweiten Dezimale in Anbetracht der geringen Dispersion des Quarzspektrographen keine große Bedeutung beigelegt werden. Wohl ist das jedoch der Fall bei den mit Spektrograph I aufgenommenen Spektren von α Cygni und α Lyrae. Deshalb ist bei diesen auch der in der fünften Kolumne enthaltene Mittelwert der Wellenlängen aus den beiden Messungsreihen auf hundertstel AE angegeben, während bei den Q- und UQ-Spektren diese Zahlen auf zehntel AE abgerundet

1) Evershed: Wave-length determination and general results obtained from a detailed examination of spectra photographed at the solar eclipse of Jan. 22. 1898. Phil. Trans. 197 A. pg. 381 bis 413. 1901.

sind. Die folgende Spalte enthält Bemerkungen über die Intensität der Linien, wobei den schwächsten die Intensität 1, den kräftigsten 10 beigelegt wurde. Gelegentlich ist die Intensität von Linien, die kaum sichtbar waren, auch als < 1 bezeichnet worden. Auch eine kurze Charakteristik der Linien, die sich auf das Aussehen bezieht, ist in dieser Kolumne enthalten. Dabei sind folgende abkürzende Bezeichnungen zur Verwendung gekommen:

b. = breit,
v. = verwaschen,
sb. = sehr breit,
sv. = sehr verwaschen,
nVv. = nach Violett verwaschen,
nRv. = nach Rot verwaschen,
kr. = krumm,
unreg. = unregelmäßig,
M. = Mitte einer breiten Linie,
: = unsichere Messung.

Häufig ist der Fall eingetreten, daß in den beiden Messungen nicht immer dieselben Linien gemessen worden sind, sondern daß in einer der beiden Reihen einige schwache fehlen, sodaß also nicht immer zwei Werte zur Mittelbildung vorlagen. Damit diese nur einmal auftretenden Werte gleichwertig mit den Mittelwerten werden, hätte man an ihnen eine Korrektion anzubringen, die aus allen zweimal gemessenen Linien zu bestimmen wäre. Das ist jedoch nur dann erforderlich, wenn zwischen den beiden Messungsreihen ein systematischer Unterschied vorliegt. Wie eine in dieser Hinsicht angestellte Untersuchung zeigte, ist ein solcher jedoch nicht vorhanden; die Unterschiede zwischen den Ergebnissen der beiden Messungen sind rein zufälliger Natur, und es konnten aus diesem Grunde die Wellenlängen der nur in einer Reihe gemessenen Linien ohne Korrektion in die Spalte der Mittelwerte übertragen werden. In der siebenten Kolumne ist der Ursprung der Linien angegeben, so weit sich dieser sicher ermitteln ließ; es wird hierüber weiter unten Ausführlicheres mitgeteilt werden. Die folgenden Spalten enthalten die von anderen Beobachtern gefundenen Werte für die Wellenlängen der Linien, soweit Messungen aus dem hier in Betracht kommenden Spektralteile vorlagen. Dabei sind unter Huggins die Werte angeführt, die in seiner oben mitgeteilten Arbeit angegeben sind, unter Lockyer die in dem Katalog von 470 Sternen enthaltenen Zahlen, und unter Pickering die Werte aus den Annalen der Harvard-Sternwarte, Bd. 27, 28. Ferner ist einem jeden Q-Spektrum eine kurze Beschreibung beigefügt. Es braucht wohl kaum noch hervorgehoben zu werden, daß sich alle Wellenlängenangaben nach der geschilderten Art ihrer Ableitung auf das Rowlandsche System beziehen.

α Cygni. I. 351.
1902, Juli 5; $9^h\,31^m$; 46^m belichtet.

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung	Lockyer	Pickering	UQ 197
77.626	77.629	3933.77	33.75	3933.76	10 K.	Ca	33.8	33.8	339.
810	810	32.16	32.16	32.16	1	Ti?	32.1		
999	997	30.52	30.54	30.53	1	Fe?	30.4	30.3	
79.836	79.833	14.67	14.70	14.68	2	V?	14.5		
962	961	13.59	13.60	13.60	3	Ti	13.6	13.6	14.2
80.850	80.844	06.04	06.09	06.06	2 doppelt?	Si?	05.7	05.6	
81.166	81.158	03.37	03.43	03.40	1 b. M.	V	03.4	03.1	
483	483	00.69	00.69	00.69	4	Ti	00.7	00.7	01.2
82.861	82.864	3889.19	89.17	3889.18	8 $H\zeta$	H	89.1	89.1	89.4
83.192		86.46		86.46	<1	Fe			
84.142	84.139	78.64	78.66	78.65	1	Fe?	78.7	78.5	
868	863	72.71	72.75	72.73	1	Fe	72.4	72.7	
85.727	85.722	65.75	65.79	65.77	1	Fe	65.7	65.7	
	936		64.07	64.07	1	Zr?	64.0		
86.097	86.094	62.78	62.81	62.80	4 unreg.	Si	62.7	63.2	
	236		61.66	61.66	<1				
446	442	59.98	60.01	60.00	1	Fe	60.1		
920	918	56.20	56.22	56.21	6	Si	56.2	56.2	
87.212	87.214	53.87	53.86	53.86	4	Si?	53.8	54.2	
740	735	49.69	49.73	49.71	1 b.		49.7	50.2	
88.286	88.290	45.39	45.36	45.38	2	Co?	45.5	46.0	
89.176	89.176	38.43	38.43	38.43	3	Mg	38.4		
548	550	35.54	35.52	35.53	7 $H\eta$	H	35.6	35.5	35.4
941	938	32.49	32.51	32.50	2	Mg	32.5		
90.337	90.335	29.43	29.44	29.44	2	Mg	29.5		
585	579	27.52	27.56	27.54	1 b.		27.8		
767	767	26.12	26.12	26.12	1	Fe		26.0	
920	913	24.96	25.01	24.98	1				
91.300	91.299	22.05	22.06	22.06	1 kr.				
490	491	20.60	20.59	20.60	2	Fe	20 2	19.2	
92.100	92.083	15.96	16.09	16.02	2 schief	Fe			
312	317	14.36	14.32	14.34	2 nVv.			14.9	14.1
94.493	94.488	3798.02	98.06	3798.04	7 b. $H\vartheta$	H	98.0	98.1	98.0
96.479	96.479	83.44	83.44	83.44	3 kr.			82.0	
98.236	98.238	70.77	70.76	70.76	7 b. $H\iota$	H		70.8	70.6
408	407	69.54	69.55	69.54	3 hängt mit $H\iota$ zusamm.	Ni			
716	699	67.36	67.48	67.42	<1	Fe			
949	943	65.69	65.73	65.71	1	Fe?			
99.167	99.163	64.14	64.17	64.16	2				
536	537	61.53	61.53	61.53	5	Ti			
833	829	59.44	59.47	59.46	5	Ti		58.8	60.2
100.051	100.047	57.90	57.93	57.92	2	Ti			
	359		55.74	55.74	<1				
502	502	54.74	54.74	54.74	2				
101.138	101.140	50.30	50 28	50.29	6 b. v. $H\varkappa$	H		50.2	50.1
388	392	48.55	48.53	48.54	3 b.	Fe			
780	779	45.84	45.85	45.84	1	V			
102.081	102.078	43.76	43.78	43.77	1				
371	368	41.85	41.78	41.82	4	Ti			
852	848	38.46	38.48	38.47	2	Fe?			
103.050	103.049	37.10	37.10	37.10	3 schief	Ca			
418	424	34.58	34.54	34.56	6 sb. nVv. $H\lambda$	H			34.2
104.469	104.468	27.45	27.46	27.46	3				

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung	Lockyer	Pickering	UQ 197
104.729	104.745	3725.70	25.59	3725.64	< 1				
105.262	105.272	22.12	22.05	22.08	6 b.v. *Hμ*	H			22.0
572	571	20.04	20.04	20.04	1	Fe			
106.268	106.268	15.40	15.40	15.40	4				
745	751	12.23	12.19	12.21	5 sb. *Hν*	H			12.5
107.657	107.659	06.22	06.21	06.22	3	Ca			
108.014	108.038	03.88	03.72	03.80	5 sb. *Hξ*	H			04.5
109.017	109.030	3697.34	97.24	3697.29	5 b. *Ho*	H			97.5
884	897	91.73	91.65	91.69	4 b. *Hπ*	H			91.7
110.623		86.99		86.99	2 : b. *Hϱ*	H			
111.290		82.73		82.73	1 : b. *Hσ*	H			
769		79.70		79.70	1 : b *Hτ*	H			
(112.032)	(111.679)	(77.94)	(80.18)	(79)	Letztes Licht.				(3515.3)

α Lyrae. I. 617.

1903, September 24; $10^h\,48^m$; 30^m belichtet.

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung	UQ 195	Q 90
77.605	77.604	3933.87	33.88	3933.88	9 scharf K	Ca	34.0	
79.948	79.945	13.62	13.65	13.64	1	Ti		
81.469	81.464	00.72	00.76	00.74	1	Ti		
82.838	82.841	3889.30	89.27	3889.28	10 sv. *Hζ*	H	89.2	89.3
86.079	86.086	62.84	62.78	62 81	1	Si		
405	425	60.22	60.06	60.14	1 :	Fe?		
905	909	56.23	56.20	56.22	1	Si		
89.158	89.159	38.48	38.47	38.48	3 im Schatten von *Hη*	Mg		
545	536	35.47	35.54	35.50	10 sv. *Hη*	H	35.5	35.5
	949		32.34	32.34	< 1	Mg		
90.319	90.319	29.47	29.47	29.47	1	Mg		
503		28.06		28.06	1	Fe		
752	740	26.15	26.24	26.20	1	Fe?		
	92.074		16.07	16.07	< 1	Fe		
94.467	94.467	3798.12	98.12	3798.12	9 sv. *Hϑ*	H	97.9	98.1
98.237	98.234	70.68	70.70	70.69	8 sv. *Hι*	H	70.7	70.7
99.193	99.188	63.87	63.91	63.89	1	Fe		
531	525	61.48	61.52	61.50	1	Ti		
819	816	59.45	59.47	59.46	1	Ti		
	100.622		53.81	53.81	< 1 fraglich			
101.148	101.145	50.14	50.16	50.15	7 sv. *Hκ*	H	50.2	50.2
	801		45.60	45.60	1	Co		
	102.359		41.75	41.75	1			
103.039	103.036	37.08	37.10	37.09	4	Ca		
390	387	34.68	34.70	34.69	6 sv. *Hλ*	H	34.6	34.7
105.276	105.268	21.93	21.98	21.96	5 sv. *Hμ*	H	21.7	21.8
106.766	106.757	12.00	12.06	12.03	4 : sv. *Hν*	H	12.2	12.0
107.653	107.649	06.16	06.18	06.17	2	Ca		
994	108.000	03.92	03.88	03.90	2 sv. *Hξ*	H	04.3	04.0
109.026	109.030	3697.19	97.17	3697.18	1 :: sv. *Ho*	H		96.9
834		91.97		91.97	< 1 :: v. *Hπ*	H		92.0
(113.700)	(113.767)	(67.48)	(67)	(67)	Letztes Licht		(23)	(3192)

α Lyrae. UQ. 195.

1909, Juni 6; $10^h 30^m$; 20^m belichtet.

$\log c = 20.781334$; $s_{01} = +18.0516$; $s_{02} = +18.0530$.

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung	Huggins
44.9975	44.9980	3970.47	70.52	3970.5	8 *Hε*	H	68
45.6720	45.6705	33.90	34.05	34.0	2 sehr scharf K	Ca	33
46.5225	46.5270	3889.28	89.12	3889.2	9 : *Hζ*	H	87.5
47.5895	47.5895	35.50	35.57	35.5	10 v. *Hη*	H	34
48.3640	48.3650	3797.91	97.93	3798.0	10 v. *Hϑ*	H	95
9395	9400	70.70	70.74	70.7	10 v. *Hι*	H	67.5
49.3795	49.3845	50.32	50.16	50.2	9 v. *Hκ*	H	45.5
7245	7230	34.59	34.70	34.6	9 v. *Hλ*	H	30
50.0080	50.0115	21.79	21.69	21.7	8 v. *Hμ*	H	17.5
2245	2225	12.13	12.27	12.2	5 v. *Hν*	H	07.5
3985	4035	04.40	04.24	04.3	3 v. *Hξ*	H	3699
(52.3000)	(52.3000)	(3623.18)	(23.23)	(3623.2)	Letztes Licht		

α Cygni. UQ. 197.

1909, Juni 7; $10^h 55^m$; 20^m belichtet.

$\log c = 20.781925$; $s_{01} = +18.0131$; $s_{02} = +18.0123$.

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung	Huggins
44.9985	45.0000	3970.32	70.20	3970.3	10 *Hε*	H	68
45.6710	6720	33.90	33.81	33.9	4 K	Ca	33
46.0440	46.0400	14.16	14.33	14.2	1 : b. v.	V?, Ti	
2935	2895	01.13	01.30	01.2	< 1 : v.	V, Ti	
5210	5195	3889.37	89.40	3889.4	9 *Hζ*	H	87.5
47.5925	47.5945	35.44	35.30	35.4	10 *Hη*	H	34
48.0330	48.0275	14.10	14.16	14.1	< 1 :		
3625	3655	3798.12	97.93	3798.0	10 *Hϑ*	H	95
9465	9435	70.54	70.64	70.6	10 *Hι*	H	67.5
49.1675	49.1685	60.28	60.20	60.2	5 b. v.	Ti	57.5
3875	3890	50.15	50.04	50.1	10 *Hκ*	H	45.5
7375	7375	34.20	34.17	34.2	9 nRv. *Hλ*	H	30
50.0080	50.0065	22.01	22.04	22.0	9 *Hμ*	H	17.5
2205	2210	12.53	12.47	12.5	8 *Hν*	H	
4015	4005	04.52	04.53	04.5	8 *Hξ*	H	
5600	5590	3697.53	97.54	3697.5	7 *Ho*	H	
6935	6905	91.69	91.79	91.7	6 *Hπ*	H	
(52.5000)		(3515.3)		(3515.3)	Letztes Licht		

γ Orionis. UQ. 157.

1906, November 24; $11^h\,30^m$; 5^m belichtet.

$\log c = 20.757612$; $s_{01} = +19.4669$; $s_{02} = +19.4669$.

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung	Lockyer	Pickering
44.9940	44.9930	3969.68	69.76	3969.7	9 v. $H\varepsilon$	H	70.2	70.2
46.4255	46.4275	3889.21	89.11	3889.2	10 sv. $H\zeta$	H	89.1	89.1
47.4380	47.4380	35.32	35.32	35.3	10 sv. $H\eta$	H	35.5	35.5
7370	7400	19.85	19.70	19.8	5	He	19.7	19.2
9930	9980	06.77	06.51	06.6	<1 :		05.3	05.1
48.1665	48.1700	3797.99	97.81	3797.9	10 sv. $H\vartheta$	H	98.1	98.1
7105	7120	70.82	70.75	70.8	9 sv. $H\iota$	H	70.8	70.8
49.1305	49.1345	50.28	50.08	50.2	8 sv. $H\varkappa$	H	50.2	50.2
4445	4525	35.13	34.73	34.9	6 sv. $H\lambda$	H	34.2	34.2
7205	7155	21.98	22.22	22.1	3 : sv. $H\mu$	H	21.9	21.9
(53.3000)	(53.3000)	(3563.25)	(63.47)	(3563.4)	Letztes Licht			

α Canis Majoris. Q. 44.

1904, März 22; $7^h\,55^m$; 18^m belichtet.

$\log c = 20.782162$; $s_{01} = +18.0100$; $s_{02} = +20.2980$.

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung
45.0065	47.2955	3970.52	70.46	3970.5	6 $H\varepsilon$	H
46.5365	48.8300	3889.21	88.92	3889.1	6 $H\zeta$	H
47.6105	49.8930	35.19	35.46	35.3	7 $H\eta$	H
48.3865	50.6705	3797.61	97.81	3797.7	8 $H\vartheta$	H
9505	51.2415	70.90	70.84	70.9	8 v. $H\iota$	H
49.4055	6955	49.97	49.87	49.9	7 v. $H\varkappa$	H
7350	52.0200	34.95	35.09	35.0	6 v. $H\lambda$	H
50.0160	3015	22.30	22.42	22.4	5 $H\mu$	H
2580	5420	11.51	11.69	11.6	4 : $H\nu$	H
	7130		04.12	04.1	2 $H\xi$	H
	60.4530	34 . . .	04.41	3404.4	1	
	7125	33 . . .	95.58	3395.6	1	Co ?
	62.0740		50.73	50.7	1	Co ?
	2715		44.00	44.0	1	Co ?
	4730		37.49	37.5	1	
61.8980	64.1660	3283.70	84.31	3284.0	} 1	
62.1285	3815	76.65	77.72	77.2	}	
2855	5590	71.88	72.32	72.1	1	Ti
6900		59.67		59.7	<1	
63.0390	65.3165	49.24	49.55	49.4	<1	
6570	9500	31.02	30.87	30.9	} 2	
64.0825	66.3685	18.64	18.70	18.7	}	
5625	8950	04.84	03.57	04.2	}	
8465		3196.76		3196.8	} 2	
9335	67.2375	94.29	93.84	94.1	}	
9615		93.49		93.5	<1 :	
65.0245		91.72		91.7	<1	
2935	6075	84.15	83.43	83.8	} 1	
8375	68.0950	69.00	69.84	69.4	}	
66.0450	3525	63.27	62.74	63.0	} 1	
4625	6475	51.85	54.65	53.3	}	
(67.0000)	(69.2000)	(37.30)	(39.66)	(39.0)	Letztes Licht	

Das Spektrum dieses Sternes ist sehr kräftig, aber genügend breit, sodaß die vorhandenen Linien gut sichtbar sind. Ihre Intensität ist nicht bedeutend, aber sie sind gut definiert, nicht sehr breit. Nach der letzten sichtbaren Wasserstofflinie erleidet die Intensität des kontinuierlichen Spektrums einen plötzlichen, sehr deutlich ausgeprägten Abfall. Von da an erstrekt sich das Spektrum noch weit ins Ultraviolett, ohne daß hier stärkere Linien nachzuweisen sind; die vorhandenen sind alle sehr schwach. Am äußersten Ende des Spektrums können mehrere deutlich sichtbare Absorptionsbänder gemessen werden, deren Grenzen in obiger Zusammenstellung, wie auch in den folgenden, durch Klammern zusammengefaßt sind.

α Leonis. Q. 45.

1904, März 22; $8^h\ 20^m$; 14^m belichtet.

$\log c = 20.780791$; $s_{01} = +20.4066$; $s_{02} = +20.3831$.

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung
47.3185	47.2930	3970.49	70.60	3970.5	8 b. v. $H\varepsilon$	H
48.8465	48.8165	3889.03	89.37	3889.2	9 b. v. $H\zeta$	H
49.9065	49.8825	35.55	35.58	35.6	9 b. v. $H\eta$	H
50.6885	50.6700	3797.56	97.32	3797.4	8 : b. sv. $H\vartheta$	H
51.2510	51.2310	70.93	70.77	70.9	7 b. v. $H\iota$	H
6935	6785	50.41	50.02	50.2	6 b. v. $H\varkappa$	H
52.0435	52.0280	34.42	34.06	34.2	5 b. v. $H\lambda$	H
3160	2815	22.11	22.61	22.4	3 b. v. $H\mu$	H
4900		14.32		14.3	1 $H\nu$	H
(71.0000)	(71.5000)	(3990.9)	(77.5)	(3084.2)	Letztes Licht	

Das Spektrum ist sehr kräftig und genügend breit. Die vorhandenen Linien sind alle sehr breit und verwaschen, aber kräftig. Nach der letzten ist wieder, wie bei dem vorhergehenden Spektrum, ein sehr deutlicher Abfall der Intensität des kontinuierlichen Spektrums vorhanden, während später die Intensität nur ganz langsam und gleichmäßig abnimmt. Linien sind in diesem Teile nicht nachzuweisen, und auch die Absorptionsbänder, wie sie im Spektrum von Sirius deutlich sichtbar sind, können nicht mit Sicherheit erkannt werden, trotzdem das Spektrum auch in diesem äußersten Teile noch kräftig genug ist.

γ Orionis. Q. 107.

1905, Januar 10; $9^h\,44^m$; 10^m belichtet.

$\log c = 20.762394$; $s_{01} = +19.2100$; $s_{02} = +19.2100$.

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung
45.0045	45.0130	3970.56	70.08	3970.3	9 v. $H\varepsilon$	H
46.4615	46.4690	3889.51	89.11	3889.3	10 sv. $H\zeta$	H
47.4930	47.4975	35.21	34.98	35.1	10 sv. $H\eta$	H
7905	8010	19.98	19.45	19.7	5	He
48.2285	48.2260	3797.93	98.05	3798.0	10 sv. $H\vartheta$	H
7850	7845	70.45	70.47	70.5	10 sv. $H\iota$	H
49.2055	49.2090	50.11	49.94	50.0	8 sv. $H\varkappa$	H
5350	5375	34.41	34.30	34.4	6 sv. $H\lambda$	H
7905	7915	22.37	21.66	22.0	3 sv. $H\mu$	H
(68.5000)	(68.4980)	(3069.75)	(70.11)	(3069.9)	Letztes Licht	

Das Spektrum ist infolge einer geringen periodischen Schwankung im Gange des Refraktor-Triebwerkes seiner Länge nach von hellen Streifen durchzogen. Durch diesen Umstand werden die Messungen etwas erschwert und unsicher. Jenseits der Wasserstoffserie können keine Linien nachgewiesen werden und ebenso fehlen die Absorptionsbänder am Ende des Spektrums; sie können wohl nur infolge der geringen Breite der einzelnen Streifen nicht gesehen werden.

$\varkappa$ Draconis. Q. 88.

1904, Mai 13; $10^h\,10^m$; 8^m belichtet.

$\log c = 20.764090$; $s_{01} = +19.1149$; $s_{02} = +19.1136$.

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung
45.0120	45.0070	3970.46	70.68	3970.6	8 b.v. $H\varepsilon$	H
46.4740	46.4805	3889.46	89.04	3889,3	9 b.v. $H\zeta$	H
8125	8120	71.44	71.40	71.4	1	
47.1110	47.1125	55.78	55.63	55.7	1	Si?
5140	5115	34.94	35.00	35.0	7 b. sv. $H\eta$	H
48.2455	48.2400	3798.00	98.31	3798.2	8 sb. sv. $H\vartheta$	H
8010	7965	70.67	70.83	70.8	7 sb. sv. $H\iota$	H
49.2240	49.2275	50.29	50.06	50.2	6 sb. sv. $H\varkappa$	H
5525	5490	34.69	34.79	34.7	6 sb. sv. $H\lambda$	H
8225	8195	22.01	22.09	22.1	6 b. v. $H\mu$	H
(63.5000)	(64.0000)	(3212.91)	(3197.97)	(3205.4)	Letztes Licht	

Die Wasserstofflinien in diesem Spektrum sind alle sehr breit und verwaschen. Trotz der sehr geringen Intensität des Spektrums ist doch eine plötzliche Abnahme nach der letzten gemessenen Wasserstofflinie bemerkbar, aber das Spektrum erstreckt sich noch weit ins Ultraviolett mit ganz allmählich abnehmender Intensität. Absorptionsbänder können nicht festgestellt werden; das Spektrum ist dafür wohl schon zu schwach.

ξ Tauri. Q. 79.

1904, April 18; $8^h\,32^m$; 16^m belichtet.

$\log c = 20.763501$; $s_{01} = +21.3426$; $s_{02} = +21.3442$.

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung
47.2115	47.2130	3970.08	70.08	3970.1	4 $H\varepsilon$	H
48.6660	48.6640	3889.39	89.58	3889.5	5 $H\zeta$	H
49.6810	49.6785	36.07	36.28	36.2	5 b. v. $H\eta$	H
50.4395	50.4460	3797.72	97.47	3797.6	4 b. v. $H\vartheta$	H
9875	9905	70.72	70.65	70.7	3 v. $H\iota$	H
	51.2190		59.59	59.6	1	Ti?
51.4195	4195	49.88	49.95	49.9	3 v. $H\varkappa$	H
7380	7390	34.73	34.76	34.7	1 fraglich $H\lambda$	H
	9930		22.83	22.8	1 „ $H\mu$	H
	52.2135		13.55	13.6	<1 : $H\nu$	H
	3975		04.04	04.0	<1 $H\xi$	H
52.5270	5320	3698.02	97.87	3697.9	<1 : Ho	H
	6500		92.47	92.5	<1 : $H\pi$	H
	63.4950	32 . . .	80.23	3280.2	<1	
	64.0650		62.15	62.2	<1	
64.3200		54.15		54.2	<1	
6150		44.99		45.0		
65.0800		30.64		30.6	<1	
4450		19.61		19.6		
8850		06.39		06.4	<1	
66.2900		3194.36		3194.4		
(67.6000)		(54.60)		(54.6)	Letztes Licht	

Das Spektrum ist gut. Die Wasserstofflinien nehmen von $H\varepsilon$ ab an Breite und Verwaschenheit zu. Der Abfall der Intensität des kontinuierlichen Spektrums nach der letzten gemessenen H-Linie ist gut sichtbar, jedoch können die Absorptionsbänder am Ende nur schwer nachgewiesen werden, vielleicht nur infolge der geringen Intensität des Spektrums in dieser Gegend.

β Arietis. Q. 113.

1905, Januar 15; $6^h\,35^m$; 8^m belichtet.

$\log c = 20.762034$; $s_{01} = +21.4415$; $s_{02} = +21.4160$.

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung
47.2130	47.2010	3970.66	70.22	3970.4	10 sb. sv. $H\varepsilon$	H
8525	8355	34.40	34.24	34.3	6 K.	Ca
48.6785	48.6530	3889.08	89.41	3889.2	10 sb. sv. $H\zeta$	H
49.6900	49.6690	35.78	35.87	35.8	10 sb. sv. $H\eta$	H
50.4390	50.4215	3797.78	97.71	3797.7	8 b. v. $H\vartheta$	H
9895	9715	70.57	70.53	70.6	8 b. v. $H\iota$	H
51.4220	51.3960	49.63	49.96	49.8	7 b. v. $H\varkappa$	H
7320	7160	34.84	34.71	34.8	7 b. v. $H\lambda$	H
9995	9845	22.23	22.06	22.1	5 v. $H\mu$	H
52.2160	52.1945	12.13	12.26	12.2	2 v. $H\nu$	H
	3770		03.79	03.8	< 1 : $H\xi$	H
55.9530		3549.92		3549.9	< 1	
56.5570		25.69		25.7	< 1	
(63.5000)	(64.0000)	(3278.63)	(62.25)	(3270.4)	Letztes Licht	

Das Spektrum dieses Sternes zeigt außer den Wasserstofflinien noch die Calciumlinie λ 3934. Die Wasserstofflinien sind alle sehr breit und verwaschen, besonders trifft das für $H\varepsilon$ und $H\eta$ zu. Nach der letzten sichtbaren Linie der Wasserstoffserie nimmt die Intensität des kontinuierlichen Spektrums wieder plötzlich ab, hingegen können Absorptionsbänder am Ende des Spektrums nicht festgestellt werden, was wohl nur eine Folge der geringen Intensität des Spektrums in diesem Teile ist.

η Ursae Majoris. Q. 71.

1904, April 12; $8^h\,31^m$; 6^m belichtet.

$\log c = 20.763210$; $s_{01} = +21.3713$; $s_{02} = +21.3630$.

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung	Huggins
47.2175	47.2090	3970.38	70.39	3970.4	10 $H\varepsilon$	H	68
48.6780	48.6765	3889.30	88.92	3889.1	10 b. v. $H\zeta$	H	87.5
49.7010	49.6950	35.54	35.42	35.5	9 b. v. $H\eta$	H	34
50.0390	50.0275	18.29	18.45	18.4	3		20
4490	4425	3797.70	97.61	3797.7	9 sb. v. $H\vartheta$	H	95
7465	7335	82.96	83.20	83.1	2		
9950	9905	70.79	70.60	70.7	7 b. v. $H\iota$	H	67.5
51.1510		63.22		63.2			45.5
4280	51.4120	49.88	50.25	50.1	6 sb. v. $H\varkappa$	H	30
7510	7410	34.52	34.60	34.6	4 b. v. $H\lambda$	H	17.5
52.0085	9965	22.40	22.58	22.5	1 v. $H\mu$	H	
(69.5000)	(70.0000)	(3103.29)	(3089.53)	(3096.4)	Letztes Licht		

Das Spektrum ist gut. Es enthält außer den Wasserstofflinien noch einige andere, von geringerer Intensität. Die Linien des Wasserstoffs werden nach dem Ende der Serie hin immer verwaschener. Der Intensitätsabfall des kontinuierlichen Spektrums nach dem letzten sichtbaren Glied der H-Serie ist deutlich ausgeprägt, jedoch können Absorptionsbänder am Ende nicht nachgewiesen werden.

α Lyrae. Q. 90.

1904, Mai 14; $9^h\,35^m$; 20^m belichtet.

$\log c = 20.764088$; $s_{01} = +21.2893$; $s_{02} = +21.3037$.

s_1	s_2	λ_1	$\lambda_2 - \lambda_1$	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung
47.1920	47.2050	3970.14	70.22	3970.2	8 $H\varepsilon$	H
48.6525	48.6660	3889.24	89.28	3889.3	9 $H\zeta$	H
49.6765	49.6920	35.54	35.48	35.5	9 b. $H\eta$	H
50.4170	50.4320	3798.14	98.11	3798.1	9 b. $H\vartheta$	H
9745	9875	70.71	70.78	70.7	8 $H\iota$	H
51.3995	51.4135	50.23	50.25	50.2	7 $H\varkappa$	H
7260	7410	34.72	34.69	34.7	5 $H\lambda$	H
52.0005	52.0165	21.84	21.76	21.8	3 $H\mu$	H
2115	2265	12.02	12.01	12.0	2 $H\nu$	H
3845	3990	04.05	04.04	04.0	1 $H\xi$	H
5390	5580	3696.97	96.76	3696.9	1 $H o$	H
6495	6600	91.93	92.11	92.0	1 $H\pi$	H
7820		85.91		85.9	$<$ 1 $H\varrho$	H
61.3680	61.3830	3350.21	50.19	3350.2	$<$ 1	Ca
	63.3820	32 . . .	84.36	3284.4	schwaches Band	
	6265		76.56	76.6		
64.0540		62.61		62.6	$<$ 1	
4895		49.03		49.0	$<$ 1	
5800	64.5500	46.24	47.61	46.9	$<$ 1 : :	
65.0930		30.49		30.5	$<$ 1	
1390	65.1615	29.09	28.84	29.0	1	
4750		18.90		18.9	$<$ 1	
9500	65.9750	04.67	04.35	04.5		
66.3490	66.3830	3192.85	92.27	3192.6		
7235	7425	81.87	81.73	81.8		
67.2100	67.1875	67.77	68.83	68.3		
4255	4500	61.57	61.29	61.4		
5175		58.95		59.0		
7715	7905	51.70	51.58	51.6		
68.1925		40.82		40.8	$<$ 1	
(70.0000)	(69.9000)	(3090.21)	(93.27)	(3091.7)	Letztes Licht	

Infolge der verhältnismäßig langen Belichtung ist das Spektrum äußerst kräftig. Die Wasserstofflinien sind gut definiert. Nach der letzten sichtbaren Linie der Serie ist wieder eine plötzliche Abnahme der Intensität des kontinuierlichen Spektrums deutlich zu erkennen. Mit nur ganz allmählich abnehmender Intensität erstreckt sich das Spektrum noch weit ins Ultraviolett und zeigt am äußersten Ende deutlich die Absorptionsbänder.

β Orionis. Q. 120.

1905, Februar 19; $9^h 22^m$; 22^m belichtet.

$\log c = 20.763410$; $s_{01} = +19.1343$; $s_{02} = +17.6781$.

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung
44.9935	43.5380	3970.32	70.26	3970.3	10 $H\varepsilon$	H
45.6390	44.1840	33.84	33.77	33.8	5 K.	Ca
46.4560	45.0015	3889.18	89.09	3889.1	10 $H\zeta$	H
9545	4990	62.70	62.66	62.7	1	Si
47.0720	6140	56.53	56.63	56.6	< 1 :	Si
4805	46.0265	35.37	35.26	35.3	10 $H\eta$	H
7865	3270	19.74	19.91	19.8	2	He
48.2190	7630	3798.09	98.01	3798.1	10 $H\vartheta$	H
7755	47.3180	70.60	70.66	70.6	9 $H\iota$	H
49.1975	7420	50.23	50.20	50.2	9 $H\varkappa$	H
5270	48.0720	34.57	34.51	34.5	9 $H\lambda$	H
7930	3375	22.05	22.02	22.0	8 $H\mu$	H
50.0050	5450	12.19	12.36	12.3	8 $H\nu$	H
1790	7210	04.14	04.22	04.2	7 $H\xi$	H
3235	8645	3697.50	97.63	3697.6	5 Ho	H
4475	9895	91.84	91.92	91.9	3 $H\pi$	H
5520	49.0895	87.08	87.37	87.2	1 $H\varrho$	H
6455	1810	82.85	83.23	83.0	< 1 $H\sigma$	H
61.2180	59.6850	3282.09	84.54	3283.3	}	
3625	9320	77.47	76.66	77.1	}	
9130	60.4550	60 08	60.14	60.1	}	
62.3350	8750	46.93	47.05	47.0	}	
8800	61.3850	30.17	31.36	30.8	}	
63.2550	8300	18.78	17.85	18.3	}	
4190	9730	13.84	13.53	13.7	1	
6950	62.2050	05.58	06.58	06.1	}	
64.1275	6930	3192.74	92.10	3192.4	}	
4175		82.63		82.6	}	
7400		64.80		64.8	}	

Die Wasserstofflinien in diesem Spektrum sind gut definiert. Die Intensitätsabnahme des kontinuierlichen Spektrums nach der letzten sichtbaren Linie der H-Serie ist sehr deutlich ausgeprägt, ebenfalls sind die Absorptionsbänder am Ende recht gut sichtbar.

Nebel G. C. 4373. Q. 86.

1904, Mai 9; $10^h 37^m$; 150^m belichtet.

$\lambda_{01} = +1363$; $\lambda_{02} = +1359$; $\log c_1 = 5.07791$; $\log c_2 = 5.07896$; $s_{01} = -0.904$; $s_{02} = -0.930$.

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung	Wright: Astroph. Journ. **16**.58
31.943	31.958	5006.0	05.9	5006.0	10	} Nebel-	5006.9
32.383	32.395	4957.5	58.1	4957.8	8	} linien	4959.0
33.296	33.314	4861.5	61.5	4861.5	9 $H\beta$	H	4861.5

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung	Wright: Astroph. Journ. 16.58
37.580	37.591	4472.1	72.6	4472.4	2	He	4471.7
39.273	39.289	4341.1	41.1	4341.1	9 $H\gamma$	H	4340.6
42.781	42.797	4101.9	01.9	4101.9	7 $H\delta$	H	4101.9
	44.046	40 . .	25.7	4025.7	< 1 :	He	4026.7
45.011	45.031	3968.9	68.6	3968.8	8 $H\varepsilon$	H	3967.7
46.468	46.483	3888.8	88.6	3888.7	4 $H\zeta$	H	3889.1
834	853	69.4	69.0	69.2	7		68.9
47.497	47.506	35.0	35.3	35.2	3 $H\eta$	H	35.8
48.234	48.246	3798.0	98.0	3798.0	2 $H\vartheta$	H	3798 } Astr. and Astroph.
775	799	71.4	70.8	71.1	1 : lang $H\iota$	H	70 } III, 500. Campbell
49.221	49.244	50.0	49.4	49.7	< 1 : $H\varkappa$	H	49 } im Orionnebel.
696	712	27.6	27.4	27.5	6	O?	27.7 Lick Bull. 19
50.204	50.200	04.1	04.7	04.4	< 1 : $H\nu$	H	04 „ „ 183
(61.000)	(61.000)	(~ 3300)	(~ 3300)	(~ 3300)	Letztes Licht		

Die Reduktion dieses Spektrums wurde nicht mit der Dispersionsformel für $\alpha = 5$ durchgeführt, da diese ja nur für den Teil nach der brechbaren Seite von $H\varepsilon$ aufgestellt wurde, sondern mit $\alpha = 1$. Es wurde jede Messungsreihe an die 3 Linien $H\beta$, $H\delta$ und $H\vartheta$ angeschlossen. Das für planetarische Nebel charakteristische kontinuierliche Spektrum ist auch hier zu erkennen; es beginnt in der Nähe von $H\delta$ und läßt sich bis ungefähr λ 3300 verfolgen. Die Messungen sind wegen der meist größeren Ausdehnung der Linien — jede Linie ist ja hier ein monochromatisches Bild des Nebels — nur auf 3 Decimalen mitgeteilt und die Wellenlängen auf zehntel AE. Wie schon Prof. Hartmann gelegentlich seiner Untersuchung über den Orionnebel bemerkte, (Berl. Akad. 1905) ist es von besonderem Interesse, daß der Nachweis, ja auch die ziemlich genaue Wellenlängenbestimmung so zahlreicher, zum Teil recht schwacher Nebellinien mit einem so kleinen Apparat von nur 4 cm Öffnung gelungen ist, während sonst für diese Aufgabe nur die allermächtigsten Hilfsmittel verwendet werden.

β Geminorum. Q. 39.
1904, März 8; $8^h\,39^m$; 12^m belichtet.
$\log c = 20.781297$; $s_{01} = +18.0204$; $s_{02} = +18.0118$.

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung
45.0055	44.9970	3968.19	68.19	3968.2	10 sb. v. H	Ca
	45.2060		56.75	56.8	1	
6590	6485	32.80	32.90	32.9	10 sb. sv. K	Ca
8760	8650	21.26	21.39	21.3	3	
46.1760	46.1700	05.51	05.36	05.4	2 v	
5340	5260	3886.85	86.92	3886.9	4 } hängen zusammen.	
6955	6810	78.67	78.97	78 8	4 }	
8710	8630	69.74	69.71	69.7	8 v	

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Urprung
47.0930	47.0860	58.53	58.45	58.5	5 v.	
	3735	41.76	44.09	44.1	< 1	
4290	4255		41.51	41.6	} mehrere Linien hängen zusammen	
48.0045	9940	13.57	13.66	13.6	} und bilden ein Band.	
	48.0755		09.73	09.7	1	
1390		07.07		07.1	1	
3535	3465	3796.79	96.71	3796.8	7 } b. v. hängen zusammen.	
5390	5275	87.98	88.11	88.0	6 }	Fe
7660		77.25		77.3	1	
49.1730	49.1695	58.28	58.04	58.2	4 b. v.	Fe
3360		50.77		50.8	} sehr breite Linie.	
	4180		46.60	46.6	} 7 46.6 = Mitte.	
5100		42.80		42.8	}	
6770	6755	35.19	34.87	35.0	7 sb. sv.	
50.0050	9980	20.40	20.33	20.4	6 v.	
3080	50.3040	07.10	06.70	06.9	5 sb. v. M.	Fe, Mn
5810	5770	3694.87	94.68	3694.8	2 v.	Fe
7600	7550	86.78	86.89	86.8	3	
9455	9490	79.00	78.47	78.7	1 v.	Fe
51.1775		69.00		69.0	< 1	
6760	51.6680	47.80	47.77	47.8	4 sb. v.	Fe
52.0390	52.0325	32.58	32.50	32.5	5 nRv	Fe?
3555	3500	19.50	19.36	19.4	4 v. kr.	Fe?
5785	5715	10.02	10.29	10.2	} 1 nVsv. reicht bis 03.0	Ti, Ni, Fe
7580		03.04		03.0	}	
9470		3595.40		3595.4	< 1	
53.0925		89.55		89.6	}	Fe
	53.2200		84.09	84.1	} 5 Band aus Linien bestehend.	
3720		78.39		78.4	} λ_2 = Mitte	
6115	6225	68.90	68.14	68.5	3 sb. sv. M.	
54.7545	54.7445	24.71	24.76	24.7	3 sb. sv. M.	Ni
55.0570	55.0500	13.29	13.22	13.3	2 b. v. M.	
4430		3498.87		3498.9	}	
	5825		93.38	93.4	} 3 Band aus mehreren Linien.	
7040		89.22		89.2	} λ_2 = Mitte.	
9090		81.69		81.7	< 1	
56.0725	56.0665	75.74	75.65	75.7	2 sb. M.	
2915		67.81		67.8	< 1	
4645	4810	61.56	60.66	61.1	1	
8425		48.10		48.1	}	
57.1105		38.58		38.6	} 1 Band aus Linien sehr schwach.	
7070		17.76		17.8	}	
	57.8835		11.41	11.4	} 1 Band aus Linien schwach.	
58.0530		05.86		05.9	}	
3025		3397.35		3397.4	}	
5460		89.11		89.1	} 1 Band aus Linien.	
7590		81.95		82.0	1 sb. M.	
59.0700		71.57		71.6	< 1 sb. M.	
3950	59.3945	60.83	60.56	60.7	1 sb. M.	
(61.7000)	(61.6000)	(3287.42)	(90.24)	(3288.8)	Letztes Licht.	

In dieser für λ 4000 scharf eingestellten Aufnahme sind die späteren ultravioletten Linien ziemlich breit und verwaschen, wodurch die Messungen etwas an Genauigkeit verlieren. Die Intensität des kontinuierlichen Spektrums nimmt gleichmäßig ab im Gegensatz zu den bisher mitgeteilten Spektren.

α Bootis. Q. 82.

1904, April 19; $9^h\,31^m$; 76^m belichtet.

$\log c = 20.763002$; $s_{01} = +19.1521$; $s_{02} = +19.1460$.

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität u. Bemerkungen	Ursprung	Huggins
45.0090	45.0095	3969.05	68.68	3968.9	9 v. H	Ca	68
4600		43.45		43.5	1 :		
6405	6295	33.35	33.64	33.5	10 sb. M K	Ca	33
46.4840	46.4810	3887.24	87.08	3887.2	3 v		87.5
5800	5745	82.10	82.07	82.1	3		81
6375	6475	79.03	78.17	78.6	3		
7905	7840	70.91	70.93	70.9	4 v. M.		70
47.0145	47.0120	59.11	58.89	59.0	3		59
1915	1870	49.86	49.78	49.8	2		50
3985	3855	39.13	39.48	39.3	4 b. M.	Mn?	38
5195	5152	32.91	32.97	32.9	3	Fe	32.5
6790	6775	24.76	24.53	24.6	5	Fe	} 22.5
7600	7585	20.64	20.41	20.5	3	Fe	
48.0280	48.0270	07.09	06.83	07.0	1		05
1795	1730	3799.51	99.53	3799.5	2		98
2650	2605	95.24	95.16	95.2	3		95
4135	4125	87.89	87.64	87.8	2 b	Fe	89
9190		63.15		63.2	1		62.5
49.0255	49.0155	57.99	58.18	58 1	4	Fe	55
2025	1995	49.49	49.34	49.4	7 nVv. b. Max.	Fe, Ni	45.5
5145	5050	34.65	34.80	34.7	7 b. M.	Fe	32
6660	6645	27.50	27.88	27.4	3 b. M.	Fe?	30
8165	8090	20.44	20.51	20.5	7 b. M.		17.5
50.0585	50.0595	09.19	08.86	09.0	4	} Fe, Mn?	07.5
1535	1465	04.80	04.84	04 8	3		02.5
5310	5210	3687.51	87.69	3687.6	3 nVv. Kante		90
9140	9095	70.22	70.15	70.2	3		72.5
51.4120	51.4055	48.11	48.13	48.1	5 v. Max.	Fe	
7850	7805	31.82	31.76	31.8	4 nRv. Max.	Fe	
9670		23.95		24.0	1 :	Ca?	
52.0740	52.0650	19.36	19.48	19.4	6	Fe?	
2005	2000	13.94	13.71	13.8	1	Ti, Fe	
3040	2975	09.53	09.55	09.5	} 4 nVv. reicht bis 02.2	Ti, Fe, Ni	
4840	4650	01.89	02.43	02.2			
6595	6530	3594.59	94.50	3594.5	3		92.5
7765	7655	89.59	89.79	89.7	4		
8570	8520	86.23	86.18	86.2	4 } hängen zusammen		85
9675	9665	81.63	81.41	81.5	5	Fe	} 75
53.2305	53.2280	70.74	70.59	70.7	5	Fe	
3420	3340	66.16	66.24	66.2	5	Fe	
54.3440	54.3430	25.76	25.57	25.7	4 nVv. Max.	Co, Fe, Ni	
4540		21.41		21.4	1 :		
6115	6090	15 22	15.08	15.2	4 nVv. Max.		15
8445	8360	06.10	06.20	06.2	2		07.5
9385		02.45		02.5	1		04.5
55.0545	55.0555	3497.96	97.68	3497.8	3 sb. M.		
1625	1595	93.78	93.67	93.7	5 scharf		
2450	2355	90.61	90.74	90.7	4 b. M.	Fe?	87
4015	3910	84.60	84.78	84.7	3 nRv. Max.		82
6000	5920	77.06	77.12	77.1	5 sb. M.		75
7070	7000	72.99	73.02	73.0	3	Ni	
8705	8610	66.81	66.94	66.9	3	Fe, Co	67

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität u. Bemerkungen	Ursprung	Huggins
55.9820	56.0020	3462.62	61.66	3462.1	2 sb. M.	Ni, Ti?	57
56.2180	2120	53.81	53.80	53.8	3	Ni, Co?	
3045	3000	50.59	50.53	50.6	3 sehr dünn		
3880	3845	47.50	47.40	47.5	3 " "		
5355	5280	42.04	42.10	42.1	4 b. M.	Fe	
7485	7360	34.22	34.47	34.3	4 nVv. Max.	Ni	
8885	8805	29.12	29.18	29.2	2		
9380		27.31		27.3	< 1		
57.0235	57.0195	24.20	24.13	24.2	2 b.		
0850		21.97		22.0	1		
2650	2530	15.48	15.69	15.6	4 sb. Max.	Ni?	
4000	3925	10.63	10.69	10.7	3		
7800	7625	3397.09	97.48	3397.3	3 Band aus Linien gebildet.		
58.3050	58.2875	78.64	79.03	78.8			
4405	4360	73.92	73.87	73.9	4 Band (Max. bei 73.9)		
6105	6115	68.04	67.79	67.9			
	7390		63.40	63.4	sehr breite Linie		
8025		61.43		61.4	4 λ_1 = Mitte		
	8650		59.07	59.1			
9900		55.00		55.0	< 1		
59.1305	59.1215	50.25	50.31	50.3	2	Ti?	
2160		47.31		47.3	1		
60.4190	60.4230	07.24	06.91	07.1	1 b. M.	Fe, Co?	
5700		02.31		02.3	< 1 : sehr schwach		
	(62.0000)	32 . .	(59.55)	(3259.6)	Letztes Licht		

Das Spektrum ist zur Steigerung der Intensität fast fadenförmig gehalten, aber noch gut meßbar. Die Linien sind als deutliche helle Knoten sichtbar, allerdings sind schwächere nicht vorhanden, und die stärkeren fließen häufig zu Gruppen zusammen. Die Intensität des kontinuierlichen Spektrums nimmt gleichmäßig bis zum Ende ab, jedoch sind Absorptionsbänder, wie sie in dem ähnlichen Spektrum von α Aurigae vorhanden sind, nicht festzustellen, was wohl nur eine Folge der geringen Breite des Spektrums ist.

α Aurigae. Q. 61.
1904, März 27; $10^h\,8^m$; 16^m belichtet.
$\log c = 20.763261$; $s_{01} = +19.1374$; $s_{02} = +19.1315$.

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung
45.0095	45.0030	3969.06	69.10	3969.1	9 b. H	Ca
6345	6270	33.76	33.85	33.8	10 b. K	Ca
47.3865	47.3845	3839.87	39.64	3839.8	4	Mn
5090	5025	33.56	33.59	33.6	4 hängen zusammen.	Fe
6635	6555	25.66	25.77	25.7	4	Fe? C?
7730	7635	20.10	20.28	20.2	4	Fe
8815	8745	14.59	14.65	14.6	4	Ti
48.0365		06.79		06.8	1 v	
2015	48.2035	3798.55	98.15	3798.4	5 nVv. Max.	
4125	4105	88.07	87.88	88.0	5	Fe

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung
49.0215	49.0195	58.34	58.15	58.2	6 nVv.	Fe
2050	2010	49.52	49.43	49.5	7 nVv.	Fe, Ni
5035	4965	35.32	35.38	35.4	7 b. unreg.	Fe
6680	6650	27.57	27.43	27.5	1	Fe?
8025	7930	21.27	21.44	21.4	7 b.	
50.1180	50.1040	06.61	06.97	06.8	5 sb. M.	Fe, Mn
3215	3200	3697.26	97.06	3697.2	4 } hängen zusammen	
3855	3780	94.33	94.40	94.4	3 }	Fe
5525	5450	86.71	86.78	86.7	5 b.	
7240	7240	78.96	78.69	78.8	2 sv.	Fe
51.4225	51.4175	47.86	47.82	47.8	3 b. v. M.	Fe
7070		35.43		35.4	1 } hängen zusammen	Ti, Fe
7935	7870	31.67	31.70	31.7	6 } nRv.	Fe
9670	9600	24.17	24.22	24.2	2	Ca, Fe, Co
52.0890	52.0825	18.93	18.96	18.9	6	Fe?
2195	2090	13.34	13.55	13.4	4	Ti, Fe
3050	2935	09.71	09.93	09.8	5	Ti, Fe, Ni
4375	4380	04.09	03.81	04.0	3 sv.	
5695		3598.51		3598.5	1	
6880	6780	93.48	93.70	93.6	1 scharf	Cr
7895	7860	89.26	89.17	89.2	6	Fe
8750	8730	85.71	85.54	85.6	7	Fe, Co
9765	9705	81.47	81.48	81.5	6 N.	Fe
53.2445	53.2405	70.40	70.32	70.4	6	Fe
3565	3490	65.79	65.86	65.8	6	Fe, Ni
4065		63.75		63.8	helle Linie	
54.0280		38.61		38.6	1 kr.	
0980		35.81		35.8	1	
1730		32.80		32.8	1	
3195	54.3130	26.98	27.01	27.0	3 } b. hängen zusammen	Co
3795	3690	24.61	24.80	24.7	2 }	Ni
6460	6440	14.12	13.97	14.0	4 v.	
8635		05.62		05.6	1	
55.0840	55.0745	3497.08	97.22	3497.2	7	Co, Mn, Fe
2680	2610	89.97	90.03	90.0	2	Fe?
3350		87.42		87.4	helle Linie	
4250	4040	83.98	84.55	84.3	2 unreg.	
5760		78.23		78.2	} 2 mehrere Linien bilden Band	
7215		72.71		72.7	}	Ni
8775		66.82		66.8	1 v.	Fe, Co
56.0145	56.0115	61.68	61.57	61.6	5 doppelt?	Ni, Ti
2395	2310	53.28	53.38	53.3	4 sehr scharf	Ni, Co
3770		48.19		48.2	1 sv.	
4665	4635	44.91	44.77	44.8	} 7 breite Linie; vielleicht zwei	
5775	5590	40.78	41.24	41.0	}	Fe
6655		37.55		37.6	2 kr.	Ni
7710	7585	33.68	33.92	33.8	4	Ni
9155		28.42		28.4	} 2 Band aus Linien	
57.0755		22.60		22.6	}	Ni, Cr, Fe
1950		18.28		18.3	1 scharf	
2930	57.2890	14.76	14.69	14.7	4	Ni
4505	4390	09.11	09.31	09.2	4 zwei Linien?	
5875		04.21		04.2	< 1 : : b. v.	
8925	8840	3393.41	93.49	3393.5	5 nRv.	Ni
58.0295	58.0205	88.58	88.68	88.6	3	
1425	1350	84.62	84.68	84.7	4	Ti, Fe
2600	2525	80.51	80.56	80.5	6	Ni, Ti
4800	4515	72.86	73.64	73.3	5 nRv. } hängen zusammen	Ti, Ni
6070	5895	68.46	68.86	68.7	5 }	
8080		61.54		61.5	7 b. v. Max.	Ti

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung
59.0175		3354.37		3354.4	1 kr.	
1555	59.1470	49.68	49.77	49.7	6	Ti
3545	3505	42.94	42.87	42.9	2 nRv.	Fe, Ti
4350	4225	40.22	40.45	40.3	2 scharf	
5440	5380	36.56	36.57	36.6	5 b. v.	Mg
6545		32.86		32.9	< 1	
7495	7420	29.69	29.74	29.7	5	Mg, Ti, Co
8180		27.39		27.4	1	
9390	9280	23.38	23.54	23.5	5	
60.1670	60.1550	15.84	16.05	15.9	2	
4535	4470	06.44	06.46	06.5	1 } bilden Band	Fe, Co
5790	5670	02.34	02.54	02.4	2	
6020		01.59		01.6		
7890		3295.53		3295.5	1 } helles Band mit Linie	
9795		89.38		89.4		
61.0330	61.0230	87.65	87.78	87.7	2	Ni, Fe, Co, Ti
2025	1910	82.21	82.39	82.3	1	Ti
2800	2725	79.74	79.79	79.8	1	
3555	3435	77.33	77.53	77.4	1	
3800		76.55		76.6		
5350	5250	71.63	71.76	71.7	1	
7525	7460	64.77	64.78	64.8	1 } helles Band mit schwachen Linien	
8650		61.22		61.2	< 1	
9865		57.41		57.4	< 1	
62.0910	62.0870	54.15	54.09	54.1	} 3 Band	
3210	3130	47.01	47.07	47.0		
4840	4740	41.96	42.09	42.0	1	Ti
5780	5615	39.07	39.39	39.2	1	Ti
6610	6520	36.52	36.61	36.6	1	Ti
7485	7315	33.83	34.17	34.0	1	Ti, Ni
	8685		29.98	30.0	< 1	
9245	9100	28.45	28.71	28.6	4 b.	Ti?
63.0390	63.0325	25.27	24.99	25.1	2 scharf	
1415	1390	21.87	21.75	21.8	3	
3050	3005	16.91	16.87	16.9	2	
4140	3985	13.62	13.92	13.8	} 2	
5970	5795	08.14	08.48	08.3		
7020		05.00		05.0	1 scharf	
7910	7885	02.35	02.25	02.3	1 } liegen in hellem Band	Ti, Fe
8815	8810	3199.65	99.49	3199.6	1	
64.0050	9965	95.99	96.07	96.0	1	
1405	64.1365	91.98	91.93	92.0	3 b.	
2415		89.01		89.0	helle Linie	
3200	3130	86.70	86.74	86.7	1 v.	
4230	4265	83.69	83.42	83.6	} 3	
6475	6430	77.13	77.09	77.1		
9690	9570	67.82	68.00	67.9	< 1	
65.1650	65.1575	61.98	62.22	62.1	}	
3825	3855	55.94	55.69	55.8		
7115	6985	46.59	46.79	46.7	}	
8935	8780	41.45	41.72	41.6		
9850	9800	38.85	38.85	38.9	1	
66.0805	66.0750	36.19	36.19	36.2	1	
5200	5105	23.94	24.04	24.0	scharf	
(67.1750)		(05.93)		(05.9)	Letztes Licht	

Das Spektrum dieses Sternes ist sehr linienreich; es ist mit dem Sonnenspektrum identisch, wenigstens in Bezug auf die stärkeren Linien. Am Ende erscheinen mehrere deutlich sichtbare Absorptionsbänder, die auch im Sonnenspektrum vorhanden sind. Die in dieser Tabelle mitgeteilten Werte wurden aus Messungsreihen erhalten, die nach demselben Verfahren wie bei allen anderen Sternen ausgeführt wurden (vgl. pg. 9 ff.) und nicht etwa aus den S. 12 gegebenen Messungen, die nur zur Aufstellung der Dispersionsformel dienten.

α Canis Minoris. Q. 34.

1904, März 5; $8^h\,10^m$; 5^m belichtet.

$\log c = 20.759170$; $s_{01} = +19.3795$; $s_{02} = +21.5853$.

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung
45.0040	47.2115	3969.37	69.26	3969.3	10 H, $H\varepsilon$	Ca, H
6260	8305	33.88	33.95	33.9	10 K.	Ca
46.4335	48.6415	3889.30	89.18	3889.2	6 sv. $H\zeta$	H
	49.2025		59.14	59.1	1	
47.4500	6495	35.38	35.71	35.5	7 sb. $H\eta$	H
7390	9415	20.49	20.66	20.6	2	Fe
8540	50.0560	14.60	14.79	14.7	2 v.	Ti
9955		07.40		07.4	2	
48.1030		01.98		02.0	2	
1825	3885	3797.97	97.96	3798.0	7 v. $H\vartheta$	H
	6080		86.98	87.0	1	Fe?
7320	9410	70.63	70.48	70.6	6 $H\iota$	H
9135	51.1285	61.74	61.31	61.5	2 kr.	
9980	2130	57.64	57.19	57.4	2	
	2965		53.13	53.1		
49.1610	3640	49.73	49.88	49.8	6 $H\varkappa$	H
4675	6735	35.01	35.00	35.0	6 bv. $H\lambda$	H
6790	8975	24.97	24.36	24.7	1	
7475	9560	21.71	21.60	21.7	6 $H\mu$	H
9575	52.1585	11.85	12.08	12.0	4 unreg. $H\nu$	H
50.0875		05.78		05.8	4 nVv. $H\xi$	H
	3110		04.96	05.0		
1715		01.87		01.9	2	
	4865	36 . . .	96.81	3696.8	< 1	Fe?
51.7315	53.9355	31.58	31.66	31.6	6 scharf	Fe
52.0220	54.2225	18.94	19.16	19.0	3	
1460	3500	13.58	13.66	13.6	2	Ti, Fe
2390	4440	09.58	09.62	09.6	2	Ti, Fe, Ni
3265		05.83		05.8	1	
7750	9975	3586.79	86.08	3586.4	1 kr.	Fe?
8850		82.16		82.2	1	Fe
53.1405		71.50		71.5	2	Fe
2775	55.4805	65.80	65.92	65.9	3	Fe, Ni
54.0860		32.83		32.8	1	
2540		26.11		26.1	< 1	
7660		05.81		05.8	< 1	
8460		02.67		02.7	< 1	
8890		00.99		01.0	< 1	
9810	57.1935	3497.39	97.13	3497.3	3 b.	Co, Mn, Fe

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung
55.0565		3494.46		3494.5	1	
1625	3655	90.33	90.44	90.4	2	Fe?
2940	5130	85.25	84.74	85.0	2	
5300	7360	76.16	76.17	76.2	3 b.	
56.4305	58.6265	42.20	42.57	42.4	3 bv.	
6665	8720	33.46	33.47	33.5	2	Ni
8125		28.07		28.1	1	
9370		23.51		23.5	1	
57.4870		03.57		03.6	1	
6170		3398.92		3398.9	1	
7495	59.9330	94.18	94.97	94.6	3 sbM.	Ni?
9100		88.47		88.5	1	
58.0425	60.2425	83.78	83.98	83.9	2	Fe, Ti
1345	3375	80.53	80.63	80.6	3	Ni, Ti
3355	5420	73.47	73.45	73.5	3	Ti, Ni
4325		70.09		70.1	< 1	
	6960		68.07	68.1		
6825	8875	61.40	61.42	61.4	2 b.	Ti
8235		56.51		56.5	< 1	
	61.2110		51.84	51.8		
59.0140		49.97		50.0	3 scharf	Ti
2020		43.54		43.5		
	4700		41.42	41.4	schwache Linien bei 41.4 u. 36.5	
	6165		36.45	36.5		Mg
4650		34.61		34.6		
	8250		29.40	29.4	1	Mg, Ti, Co
8100	62.0145	23.00	23.04	23.0	2	
60.2950		06.87		06.9	1 sb. M.	Fe, Co
4650		01.28		01.3	< 1	
7950		3290.49		3290.5		
	63.2950		80.96	81.0	81.0 = Mitte	
61.3200		73.54		73.5		
9000		55.11		55.1		
	64.2500		50.57	50.6	50.6 = Mitte	
62.1800		46.32		46.3		
7050		30.02		30.0	< 1	
	65.0000		27.28	27.3	< 1	
8300		26.17		26.2	< 1	
63.1700		15.79		15.8		
	66.1250		13.22	13.2	13.2 = Maximum	
4080		08.57		08.6		
8200		3196.19		3196.2		
64.0025		90.75		90.8		
2200		84.30		84.3	< 1	
	5600		80.33	80.3	< 1	
(65.5000)		47.07)		(47.1)	Letztes Licht	

Die Calciumlinien H und K sind die kräftigsten des Spektrums. Ein Abfall der Intensität des kontinuierlichen Spektrums nach der letzten sichtbaren Wasserstofflinie ist nur wenig angedeutet. Die in dem folgenden Teile auftretenden Linien sind alle sehr schwach. Am Ende sind einige deutlich sichtbare Absorptionsbänder vorhanden, die jedoch hinter denen von α Aurigae an Intensität zurückstehen.

α Canis Minoris. Q. 57.
1904, März 27; $8^h 44^m$; 8^m belichtet.
$\log c = 20.762838$; $s_{01} = +19.1761$; $s_{02} = +19.1741$.

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung
45.0130	45.0135	3969.64	69.50	3969.6	9 H, *Hε*	Ca, H
6410	6390	34.11	34.11	34.1	10 K	Ca
46.4560		3889.49		3889.5	4 *Hζ*	H
47.4805		35,60		35.6	5 b. *Hη*	H
48.2350		3797.40		3797.4	5 vnV. *Hϑ*	H
7890		70.09		70.1	5 *Hι*	H
49.2220	49.2210	49.16	49.11	49.1	6 *Hκ*	H
5255		34.71		34.7	6 *Hλ*	H
8080	8055	21.43	21.45	21.4	6 *Hμ*	H
51.8175		3631.13		3631.1	1 nRv.	Fe
52.8270		3587.95		3588.0	< 1 kr.	
8815		85.68		85.7	< 1	Fe?
55.0890	55.0830	3497.02	97.19	3497.1	2 b. M.	Co, Mn, Fe
56.5580		41.59		41.6	1 nRv.	
7690		33.84		33.8	1	Ni
57.8660		3394.37		3394.4	2 bM.	Ni
58.0240		88.80		88.8	1	
1415		84.68		84.7	1	Fe, Ti
2660		80.31		80.3	1 b. M.	Ni, Ti
4630		73.46		73.5	1	Ti, Ni
6055		68.52		68.5	1 bM.	
8115		61.43		61.4	1 bM.	Ti
59.1560		49.65		49.7	1 bM.	Ti
5465		36.46		36.5	1 bM.	Mg
7540		29.51		29.5	1	Mg, Ti, Co
9400		23.31		23.3	1 scharf	
60.4335	60.4325	07.04	07.00	07.0	1	Fe, Co
5340	5320	03.75	03.75	03.8	1	
	5890		01.90	01.9	< 1	
9080	9405	3291.62	91.50	3291.6	1	
9720		89.55		89.6	} schwaches Band mit Linien	
61.3600		76.19		76.2		
4500		74.25		74.3	1	
	61.4060		72.49	72.5		
62.0765	62.0700	54.51	54.65	54.6	}	
3315	3310	46.58	46.53	46.6		
4330	4295	43.43	43.48	43.5	< 1	Ti?
5665	5650	40.23	39.30	39.8	1	Ti
6600	6630	36.37	36.28	36.3	1	Ti
7305	7320	34.27	34.16	34.2	1	Ti, Ni
	8640		30.12	30.1	1	
9200	9145	28.47	28.57	28.5	3	Ti
63.0140	63.0000	25.61	25.97	25.8	1	
1265	1260	22.18	22.13	22.2	1	
2970		17.03		17.0	1	
3915	3720	14.17	14.70	14.4	}	
5900	5890	08.21	08.18	08 2		
8535	9625	00.34	97.04	3198.6		
64.1230		3192.35		92.4	} Maximum bei 92.4	
1875	64.1950	90.45	90.17	90.3		
4100	4000	83.91	84.15	84.0	}	
6590	6500	76.63	76.84	76.7		
65.1680	65.1345	61.91	62.81	62.4		
5170	4950	51.93	52.50	52.2		
7120		46.39		46.4	1	
8250	8255	43.18	43.12	43.2	2	
66.0780		36.08		36.1	}	
2720		30.64		30.6		
5015	66.4970	24.24	24.32	24.3	1	
6265		20.78		20.8	< 1	
67.2505		03.65		03.7	< 1	
(4000)	(67.2500)	(3099.60)	(3103.60)	(01.6)	Letztes Licht	

Dieses Spektrum ist kräftiger als das vorige, daher treten auch die Linien in dem Teile jenseits der Wasserstoffserie deutlicher hervor als bei Q. 34 und auch die Absorptionsbänder am Ende lassen sich hier besser erkennen. Es wurde daher dieses Spektrum speziell zur Messung der Bänder verwendet.

α Canis Minoris. Q. 58.
1904, März 27; $8^h\,55^m$; 9^m belichtet.
$\log c = 20.762894$; $s_{01} = +19.1537$; $s_{02} = +19.1507$.

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung
45.0020	44.9980	3969.17	69.24	3969.2	9 H, *Hε*	Ca, H
6270	45.6265	33.84	33.70	33.8	10 K.	Ca
46.4515	46.4475	3888.70	88.76	3888.7	4 *Hζ*	H
47.4645	47.4635	35.46	35.35	35.4	5 sb. *Hη*	H
48.2045	48.2070	3797.99	97.71	3797.9	5 nVv. *Hϑ*	H
4285		86.87		86.9	1	Fe?
7665	7665	70.28	70.14	70.2	5 *Hι*	H
49.1955	49.1925	49.54	49.54	49.5	6 unreg. *Hκ*	H
5145	5180	34.37	34.06	34.2	7 *Hλ*	H
6610		27.45		27.5	1	
7870	7865	21.55	21.43	21.5	6 *Hμ*	H
52.0810		3618.78		3618.8	< 1 doppelt?	
2035		13.54		13.5	< 1 :	
8690	52.8620	3585.44	85.61	3585.5	1 kr.	Fe?
9635	9595	81.55	81.55	81.6	2	Fe
53.2285	53.2275	70.54	70.46	70.5	2	Fe?
3445	3415	65.77	65.55	65.7	2	Fe, Ni
54.3350	54.3285	25.84	25.98	25.9	2 b.	
4565	4550	21.03	20.97	21.0	1	
6235	6190	14.63	14.53	14.6	1	
7035	7065	11.32	11.09	11.2	1	
8180	8140	06.85	06.89	06.9	1	
55.0730	55.0700	3496.95	96.95	3497.0	2 b.	Co, Mn, Fe
2635	2645	89.61	90.23	89.9	2	Fe?
4100		84.00		84.0	1 b. M.	
5680	5705	77.98	77.77	77.9	2 } hängen zusammen	
6485	6415	74.93	75.07	75.0	2 }	
56.2140		53.67		53.7	> 1	
4675	56.4680	44.27	44.15	44.2	2 nVv.	
7665	7575	33.28	33.51	33.4	2	Ni
57.8500	57.8450	3394.93	94.39	3394.7	2 b. M.	Ni?
9965		89.16		89.2	1	
58.2410	58.2390	80.59	80.55	80.6	3	Ni, Ti
4540	4530	73.17	73.10	73.1	2 doppelt?	Ti, Ni
5725	5620	69.07	69.33	69.2	2	
7935	7960	61.45	61.26	61.4	2 nVv. b. M.	Ti
9745	9815	55.25	54.91	55.1	2	
59.1230	59.1285	50.19	49.90	50.0	2	Ti
5230	5140	36.67	36.88	36.8	1	Mg
7605		28.72		28.7	< 1	Mg, Ti, Co
	60.5650		02.10	02.1	< 1	
60.9550	9560	3289.55	89.42	3289.5	}	
	9730		88.68	88.7	} schwache Linie bei 88.7	
61.5475	61.5420	70.62	70.69	70.7	}	
62.0185	62.0145	55.79	55.82	55.8	}	
	2555		48.31	48.3	} schwache Linie bei 48.3	
2770	2975	47.74	47.01	47.4	}	

s_1	s_2	λ_1	λ_2	λ	Intensität und Bemerkungen	Ursprung
	62.8370		30.40	30.4	< 1	
62.8935	8860	28.76	28.91	28.8	3 b. M.	Ti
63.2200	63.3215	18.84	15.70	17.3		
4955	4875	10.55	10.70	10.6		
7380	7300	03.29	03.44	03.4		
	64.0340	31 . . .	94.40	3194.4	Maximum bei 94.4	
64.1290	1335	91.69	91.47	91.6		
2635	2630	87.72	87.85	87.8	1 kr.	
3825	3770	84.32	84.31	84.3		
	4440		82.34	82.3	schwache Linien bei 82.3 u. 78.9	
	5635		78.85	78.9		
5870	5985	78.25	77.83	78.0		
65.1325	1300	62.46	62.45	62.5		
4250	4100	54.08	54.43	54.3		
6565	6610	47.50	47.29	47.4		
9200	8655	40.05	41.50	40.8		
66.0450	66.0485	36.54	36.36	36.5		
2350	2525	31.21	30.65	31.0		
	6350		20.01	20.0	< 1	
	6845		18.65	18.7	< 1	
(67.0000)	67.1200)	(10.00)	(06.68)	(08.4)	Letztes Licht	

Dieses Spektrum gleicht dem vorigen, Q. 57, fast vollständig, so daß hier dasselbe gilt wie dort. Ein Abfall der Intensität des kontinuierlichen Spektrums nach der letzten sichtbaren Linie der Wasserstoffserie ist bei allen drei Spektren von Procyon nur sehr schwach angedeutet.

Zusammenstellung der in wenigstens zwei Spektren von α Canis Minoris gemessenen Linien.

Q. 34	Q. 57	Q. 58	Mittel	Ursprung
3969.3	69.6	69.2	3969.4	Ca, H
33.9	34.1	33.8	33.9	Ca
3889.2	89.5	88.7	3889.1	H
35.5	35.6	35.4	35.5	H
3798.0	97.4	97.9	3797.8	H
87.0		86.9	87.0	Fe?
70.6	70.1	70.2	70.3	H
49.8	49.1	49.5	49.5	H
35.0	34.7	34.2	34.6	H
21.7	21.4	21.5	21.5	H
3631.6	31.1		3631.4	Fe
19.0		18.8	18.9	Fe?
13.6		13.5	13.6	
3586.4	85.7	85.5	3585.9	Fe?
82.2		81.6	81.9	Fe
71.5		70.5	71.0	Fe
65.9		65.7	65.8	Fe, Ni

Q 34	Q 57	Q 58	Mittel	Ursprung
3526.1		25.9	3526.0	
05.8		06.9	06.4	
3497.3	97.1	97.0	3497.1	Co, Mn, Fe
90.4		89.9	90.2	Fe?
85.0		84.0	84.5	
33.5	33.8	33.4	33.6	Ni
3394.6	94.4	94.7	3394.6	Ni?
88.5	88.8	89.2	88.8	
80.6	80.3	80.6	80.5	Ni, Ti
73.5	73.5	73.1	73.4	Ti, Ni
68.1	68.5		68.3	
61.4	61.4	61.4	61.4	Ti
50.0	49.7	50.0	49.9	Ti
36.5	36.5	36.8	36.6	Mg
29.4	29.5	28.7	29.2	Mg, Ti, Co
23.0	23.3		23.2	
06.9	07.0		07.0	Fe, Co
01.3	01.9	02.1	01.8	
3230.0	30.1	30.4	3230.2	
	28.5	28.8	28.7	Ti
26.1	25.8		26.0	
31 . .	20.8	20.0	3120.4	

Die folgenden zwei Tabellen enthalten eine Zusammenstellung von Linien, die mehreren Spektren gemeinsam sind. In die erste sind nur die Wasserstofflinien aufgenommen, während die zweite die Linien enthält, die in den Spektren von α Aurigae, α Bootis, β Geminorum und α Canis Minoris gemessen wurden.

Zusammenstellung der Wasserstofflinien.

α Lyrae UQ 195	α Cygni UQ 197	γ Orionis UQ 157	α Leonis Q 45	α Can. Maj. Q 44	γ Orionis Q 107	$\varkappa$ Drac. Q 88	ζ Tauri Q 79	β Arietis Q 113	η Urs. Maj. Q 72	α Lyrae Q 90	β Orionis Q 90	α Can. Min. Mittel	
3970.5	70.3	69.7	70.5	70.5	70.3	70.6	70.1	70.4	70.4	70.2	70.3	69.4	$H\varepsilon$
3889.2	89.4	89.2	89.2	89.1	89.3	89.3	89.5	89.2	89.1	89.3	89.1	89.1	$H\zeta$
35.5	35 4	35.3	35.6	35.3	35.1	35.0	36.2	35.8	35.5	35.5	35.3	35.5	$H\eta$
3798.0	98.0	97.9	97.4	97.7	98.0	98.2	97.6	97.7	97.7	98.1	98.1	97.8	$H\vartheta$
70.7	70.6	70.8	70.9	70.9	70.5	70.8	70.7	70.6	70.7	70.7	70.6	70.3	$H\iota$
50.2	50.1	50.2	50.2	49.9	50.0	50.2	49.9	49.8	50.1	50.2	50.2	49.5	$H\varkappa$
34.6	34.2	34.9	34.2	35.0	34.4	34.7	34.7	34.8	34.6	34.7	34.5	34.6	$H\lambda$
21.7	22.0	22.1	22.4	22.4	22.0	22.1	22.8	22.1	21.5	21.8	22.0	21.5	$H\mu$
12.2	12.5			11.6			(13.6)	12.2		12.0	12.3		$H\nu$
04.3	04.5			04.1			04.0	03.8		04.0	04.2		$H\xi$
36 . .	97.5						97.9			96.9	97.6		Ho
	91.7						92.5			92.0	91.9		$H\pi$

Zusammenstellung der Linien, die den Spektren von α Aurigae, α Bootis, β Geminorum, α Canis Minoris gemeinsam sind.

α Aurigae Q 61	α Bootis Q 82	β Gem. Q 39	α Can. Min. Mittel	α Aurigae Q 61	α Bootis Q 82	β Gem. Q 39	α Can. Min. Mittel
3969.1	68.9	68.2	69.4	3527.0	25.7		
33.8	33.5	32.9	33.9	24.7		24.7	
38 . .	87.2	86.9		14.0	15.2		
	78.6	78.4		05.6	06.2		06.4
	70.9	69.7		3497.2	97.8		97.1
	59.0	58.5		90.0	90.7		90.2
39.8	39.3			84.3	84.7	81.7	84.5
33.6	32.9			78.2	77.1		
25.7	24.6			72.7	73.0	75.7	
20.2	20.5			66.8	66.9	67.8	
06.8	07.0	07.1		61.6	62.1	61.1	
3798.4	99.5			53.3	53.8		
88.0	87.6	88.0	87.0	48.2	47.5		
58.2	58.1	58.2		44.8	42.1		
49.5	49.4			41.0			
35.4	34.7	35.0		33.8	34.3		33.6
27.5	27.4			28.2	29.2		
21.4	20.5	20.4		22.6	22.0		
06.8	09.0	06.9		18.3	15.6		
	04.8			14.7			
3694.4		94.8		09.2	10.7		
86.7	87.6	86.8		3393.5			94.6
78.8		78.7		88.6			88.8
47.8	48.1	47.8		80.5			80.5
31.7	31.8	32.5	31.4	73.3			73.4
24.2	24.0			68.7			68.3
18.9	19.4	19.4	18.9	61.5			61.4
13.4	13.8		13.6	49.7			49.9
09.8	09.5	10.2		36.6			36.6
3598.5	94.5	95.4		29.7			29.9
93.6				23.5			23.2
89.2	89.7	89.6		06.5			07.0
85.6	86.2		85.9	01.6			01.8
81.5	81.5		81.9	3230.0			30.2
70.4	70.7	68.5		28.6			28.7
65.8	66.2		65.8	25.1			26.0

Ich habe nun noch einige Worte über die in der vorhergehenden Zusammenstellung gegebenen Werte der Wellenlängen für die verschiedenen Spektren zu sagen. Bei den ersten beiden Spektren, zu deren Aufnahme Spektrograph I verwendet worden ist, sind die Wellenlängen bis auf hundertstel AE mitgeteilt, und ein Vergleich der für die beiden Messungsreihen erhaltenen Werte läßt erkennen, daß dieser zweiten Decimale eine reelle Bedeutung wohl zugelegt werden kann. Es ist allerdings für jedes dieser Spektren nur je eine Platte ausgemessen worden, aber auch die Resultate aus mehreren Platten würden die mitgeteilten Werte nicht erheblich ändern, da beide Spektren unter normalen Bedingungen, d. h. in kleinen Stundenwinkeln, erhalten wurden. Bei dem Spektrum von α Cygni war aus derselben Platte der Wert der Radialgeschwindigkeit dieses Sternes

von Prof. Hartmann schon früher zu -7.0 km/sec ermittelt worden, daher sind die mitgeteilten Wellenlängen von dieser Bewegung befreit. Für α Lyrae lagen keine Bestimmungen der Radialgeschwindigkeit aus der gemessenen Platte vor, und die von mir gemessenen Linien führten zu keinem merklichen Betrag der Bewegung, wohl nur infolge der Unsicherheit der Messung der zu dieser Bestimmung benutzten Linien, denn es konnten hierfür nur die sehr verwaschenen Wasserstofflinien herangezogen werden. Deshalb ist für α Lyrae eine Korrektion der Wellenlängen wegen der Bewegung in der Visierlinie unterblieben.

Die Identifikation der Linien konnte bei diesen beiden mit Spektrograph I aufgenommenen Spektren mit ziemlicher Sicherheit durchgeführt werden, da die Wellenlängen bis auf 0.1 AE als gesichert angenommen werden konnten. Für die Angabe der zu den einzelnen Linien gehörenden Elemente wurden das Wellenlängenverzeichnis in Kaysers „Handbuch des Spektroskopie Bd. VI“ und die Wellenlängen-Tafeln von Exner und Haschek benutzt.

Die mit UQ bezeichneten Spektren, die also mit dem mit Kollimator versehenen Quarzspektrographen aufgenommen wurden, zeigen nichts Neues. Sie reichen kaum weiter ins Ultraviolett als die mit Glasapparaten erhaltenen, wie ein Vergleich mit I. 351 und I. 617 zeigt. Alles Licht jenseits $\lambda \sim 3700$ wird eben schon vom Objektiv des Refraktors absorbiert.

Sehr interessante und teilweise neue Erscheinungen zeigen dagegen die Q-Spektren. Besonders zwei Tatsachen treten bei ihnen auffallend hervor: der mehr oder weniger starke Abfall der Intensität des kontinuierlichen Spektrums bei den Sternen des ersten Spektraltypus nach der letzten sichtbaren Wasserstofflinie, und dann das Auftreten von Absorptionsbändern am Ende der meisten Spektren. Die erstere Erscheinung ist zuerst von Huggins (Atlas pg. 85) und nach ihm auch noch von anderen Beobachtern konstatiert worden. Der Abfall der Intensität des kontinuierlichen Spektrums an der bezeichneten Stelle ist deutlich sichtbar in den Spektren, die in erster Linie die Wasserstoffserie als kräftige Linien enthalten, nämlich in denen von α Lyrae, α Leonis, α Canis Majoris, β Orionis, wo er sehr deutlich sichtbar ist, η Ursae Majoris, ζ Tauri, β Arietis und $\varkappa$ Draconis. Er zeigt sich jedoch nicht bei den Spektren der Sterne, die mehr dem Sonnentypus gleichen, wie α Aurigae, α Bootis und β Geminorum. Wenig angedeutet ist er im Spektrum von α Canis Minoris, der seinem Spektraltypus nach zwischen der Sonne und dem ersten Typus steht (Vogel Ia 3). Die Ursache dieser Erscheinung ist wohl weniger einer tatsächlichen plötzlichen Verminderung der Strahlung in diesem Teile des Spektrums zuzuschreiben, als vielmehr dem Umstand, daß die Wasserstofflinien hier nicht mehr vom Spektrographen getrennt werden können und daher zusammenfließen, sodaß ein einziges bis zum Kopfe der Serie bei λ 3646 reichendes Absorptionsband entsteht. Photometrische Messungen, die ich mit dem Hartmannschen Mikrophotometer durchführte, ergaben die in Figur 3 und 4 dargestellten Formen der Intensitätskurve, wobei als Abszissen die Wellenlängen, als Ordinaten die gemessenen Schwärzungen aufgetragen wurden. Man erkennt aus diesen Kurven den Abfall der

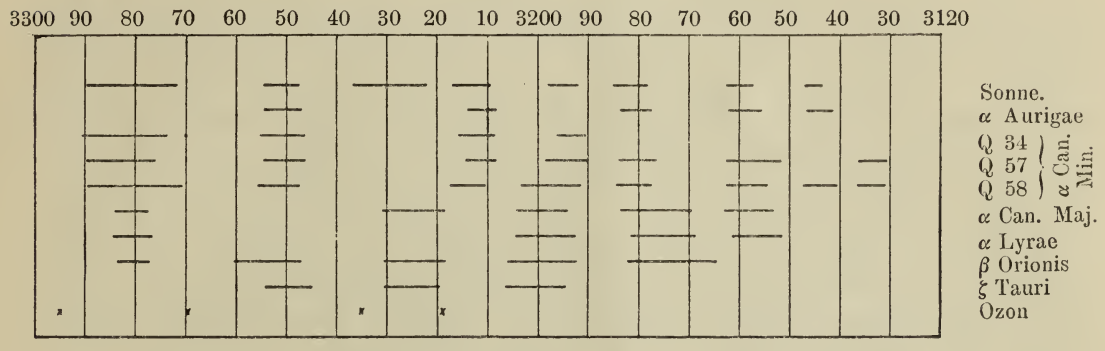
Intensität sehr deutlich, und gleichzeitig zeigen sie, daß von dieser Stelle ab die Helligkeit gegen das Ende des Spektrums nur sehr langsam abnimmt.

Während diese Erscheinung schon bekannt war, sind die auf den Hartmannschen Aufnahmen deutlich sichtbaren, ja direkt auffälligen Absorptionsbänder am Ende der Spektren meines Wissens vor ihrer Entdeckung durch Prof. Hartmann von anderer Seite noch nicht beobachtet worden. Aus der kurzen Beschreibung eines jeden Spektrums ersieht man, daß diese Bänder ohne Unterschied des Spektraltypus auftreten. Die wenigen Sterne, bei denen sie nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden konnten, besitzen sie vielleicht doch, und ihre Abwesenheit ist wohl nur eine Folge der zu geringen Intensität des Spektrums in dieser Gegend, sodaß die Bänder nicht erscheinen konnten. Allerdings dürfte das nicht zutreffen für das Spektrum von α Leonis, das sehr kräftig und auch in diesem äußersten ultravioletten Teile noch intensiv genug ist, um Bänder zeigen zu können. Da jedoch nur eine Platte von diesem Stern zur Verfügung stand, will ich die Frage, ob die Bänder hier tatsächlich fehlen, nicht entscheiden. Die Genauigkeit der Angabe der Wellenlängen für diese Absorptionsstreifen ist natürlich merklich geringer als für die Linien, da die Ränder, auf welche die Einstellungen vorgenommen wurden, nicht scharf definiert waren. Es können hieraus Fehler in der Angabe der Wellenlängen entstehen, die bis zu mehreren AE betragen. Die folgende Zusammenstellung der Absorptionsbänder für die verschiedenen Spektren läßt nun deutlich erkennen, daß es sich immer wieder um dieselben Bänder handelt.

Absorptionsbänder am Ende der einzelnen Spektren.

Sonne	α Aurigae	α Canis Minoris			α Canis Majoris	α Lyrae	β Orionis	ζ Tauri
	Q 61	Q 34	Q 57	Q 58	Q 44	Q 90	Q 120	Q 79
3289.5		90.5	89.6	89.5	84.0	84.4	83.3	
71.9		73.5	76.2	70.7	77.2	76.6	77.1	
54.5	54.1	55.1	54.6	55.8			60.1	54.2
47.5	47.0	46.3	46.6	47.4			47.0	45.0
36.8					30.9		30.8	30.6
22.0					18.7		18.3	19.6
17.0	13.8	15.8	14.4	17.3				
09.5	08.3	08.6	08.2	10.6				
3198.0		96.2	98.6	03.4	04.2	04.5	06.1	06.4
92.0		90.8	90.3	91.6	94.1	92.6	92.4	94.4
85.0	83.6		84.0	84.3	83.8	81.8	82.6	
78.0	77.1		76.7	78.0	69.4	68.3	64.8	
62.5	62.1		62.4	62.5	63.0	61.4		
57.0	55.8		52.2	54.3	53.3	51.6		
47.0	46.6			47.4				
43.5	41.6			40.8				
			36.1	36.5				
			30.6	31.0				

Noch deutlicher als aus dieser Zusammenstellung geht die Übereinstimmung aus folgender schematischen Wiedergabe hervor, in der die Absorptionsbänder durch schwarze Striche dargestellt sind.



Diese Zusammenstellung zeigt deutlich, daß es sich in der Tat bei den verschiedenen Sternen immer wieder um dieselben Bänder handelt, nur haben sie für die einzelnen Platten verschiedene Ausdehnung. Auch in der Sonne sind sie vorhanden, und zwar erscheinen sie hier als Anhäufungen von sehr vielen Linien verschiedener Intensitäten. Dieses immer wiederkehrende Auftreten der Bänder führt zu der Annahme, daß sie gemeinsamen Ursprungs sein müssen und vielleicht durch die Absorption des Lichtes in der Erdatmosphäre erzeugt werden. Es wäre hier zuerst an den Wasserdampf zu denken, jedoch zeigte ein Vergleich der für die Wellenlängen der Bänder erhaltenen Werte mit den ultravioletten Bändern des Wasserdampfes, die am eingehendsten von Meyerheim[1]) untersucht wurden, daß sie mit ihnen garnicht identifiziert werden können. Ebenso erfolglos verliefen die Vergleichungen mit den anderen wichtigen Bestandteilen der Atmosphäre, dem Sauerstoff, Stickstoff und der Kohlensäure. Und auch der Ozongehalt der Luft ist wohl kaum die Ursache der Absorptionsbänder. Zwar haben E. Ladenburg und E. Lehmann (Verhdlg. d. Deutschen phys. Gesellschaft 1906. VIII. pg. 125—135) nachgewiesen, daß Ozon eine eigentümliche Absorption im Ultraviolett besitzt, indem das Absorptionsspektrum eine Reihe Bänder zeigt, aber es läßt sich keine Koinzidenz dieser Ozonbänder mit den in den Sternspektren vorhandenen nachweisen, sodaß wohl auch dieses Gas, soweit es wenigstens aus den Messungen obiger Beobachter hervorgeht, nicht die Ursache der Absorption sein kann. Zum Vergleich habe ich in der letzten Zeile der schematischen Zusammenstellung die von Ladenburg und Lehmann gefundenen Wellenlängen der Ozonbänder durch Kreuze markiert. Auch die erst kürzlich von den französischen Physikern Fabry und Buisson[2]) veröffentlichte

1) Zeitschrift für wissenschaftl. Photographie 8. und Diss. Bonn.
2) Journal de Physique. März 1913.

Untersuchung über die Absorption des ultravioletten Lichtes durch Ozon enthält keine Resultate, durch welche diese merkwürdigen Absorptionsbänder erklärt werden könnten.

Für die andere Annahme über den Ursprung der Absorptionsbänder, daß sie nicht durch die Erdatmosphäre bedingt werden, sondern daß die Absorption schon in den Sternen selbst stattfindet, ließ sich gleichfalls kein Nachweis erbringen. Ich untersuchte sämtliche in dem „Atlas typischer Spektren" von Eder und Valenta enthaltenen Spektren auf diese Erscheinung hin, jedoch konnte ich weder bei den verschiedenen Spektren der Elemente noch bei denen der Verbindungen Anhäufungen von Linien finden, die mit den Bändern in den Sternspektren zusammengefallen wären. Auch die Untersuchung der in Hagenbach und Konens „Atlas der Emissionsspektren" enthaltenen Spektren nach dieser Richtung hin verlief ergebnislos, sodaß über den Ursprung der Absorptionbänder keine Entscheidung getroffen werden kann. Künftige Untersuchungen werden zuerst zu entscheiden haben, ob die Bänder tellurischen oder siderischen Ursprungs sind, was ziemlich leicht zu entscheiden sein wird. Daran wird sich dann die chemische Erklärung dieser Absorptionen zu schließen haben.

Die Identifizierung der Linien kann bei den linienarmen Spektren, die in der Hauptsache nur die Linien des Wasserstoffs zeigen, mit ziemlicher Sicherheit durchgeführt werden. Dagegen muß bei den linienreichen Spektren von α Aurigae, α Bootis, β Geminorum und α Canis Minoris der Umstand genügend berücksichtigt werden, daß die vorhandenen Linien in Wirklichkeit garnicht einzelne Linien sind, sondern Liniengruppen, die nur infolge der geringen Dispersion des Spektrographen nicht mehr aufgelöst erscheinen, wodurch die Identifizierung in hohem Maße erschwert wird. Es sind deshalb den Linien in diesen Spektren diejenigen Elemente zugewiesen worden, deren Linien im Sonnenspektrum in der Hauptsache zur Bildung der einzelnen Gruppen beitragen.

Die Hugginsschen Spektraltafeln.

In seinem „Atlas of Representative Stellar Spectra" gibt W. Huggins auf mehreren Tafeln Reproduktionen von Sternspektren der einzelnen Spektraltypen. Diese Tafeln enthalten sowohl Spektren aus der ersten Zeit der photographischen Forschung auf diesem Gebiete der Astrophysik, als auch solche aus neuerer Zeit bis zum Jahre 1898. Die Spektren wurden mit dem in der Einleitung erwähnten 2-Prismenspektrographen erhalten und für die Herstellung der Tafeln unter Anwendung des mechanischen Verbreiterungsverfahrens (Scheiner: Spektralanalyse pg. 114) entweder $4\,^3/_4$ oder 15 mal vergrößert. Die Übelstände, die bei der Verbreiterung eines Sternspektrums durch dieses Verfahren auftreten, sind genügend bekannt; jeder Fehler des Negatives, jeder Schmutzfleck der Platte, ja jedes darauf liegende Staubkorn wird bei der Verbreiterung zu einer Linie umgestaltet, sodaß die Reproduktion Linien zeigt, die in Wirklichkeit im

Spektrum garnicht enthalten sind. Eine nähere Vergleichung der Hugginsschen Tafeln läßt nun deutlich erkennen, daß auf diese Art in der Tat vielfach Linien in die Spektren hineingekommen sind, die in anderen Reproduktionen desselben Spektrums nicht vorhanden sind. So zeigt z. B. das Spektrum von Rigel auf Tafel V von $\lambda \sim 3640$ ab eine größere Anzahl breite Linien, die aus mehreren sehr dünnen zusammengesetzt sind, während das Spektrum desselben Sternes auf Tafel IV hiervon nichts erkennen läßt. Besonders deutlich ist der Unterschied dieser beiden Spektren durch eine Linie ausgeprägt, die auf Tafel V bei λ 3400 gut sichtbar ist, jedoch auf Tafel IV vollständig fehlt. Noch deutlicher ist der Unterschied am Ende der Wasserstoffserie, die auf beiden Spektren bis λ 3685 verfolgt werden kann. Darüber hinaus sind aber auf Tafel V noch 5 Linien von derselben Intensität wie die letzten Glieder der H-Serie sichtbar, von denen auf Tafel IV auch keine einzige angedeutet ist. Die breiten Linien in dem Teile von 3650 bis 3400 sind besonders deutlich in den auf Tafel V noch enthaltenen Spektren von α Cygni, α Leonis und γ Lyrae zu sehen, aber in jedem dieser Spektren haben sie eine andere Lage, woraus schon hervorgeht, daß sie in Wirklichkeit nicht in dem betreffenden Spektrum vorhanden sind. Einen sehr deutlichen Unterschied lassen die Spektren von Castor erkennen, von denen das auf Tafel IX 15 mal vergrößert worden ist und das auf Tafel VI 4 $^3/_4$ mal. Das Spektrum auf Tafel IX läßt in der Gegend von λ 3675 bis 3625 eine sehr große Anzahl sehr deutlicher Linien erkennen, von denen in dem anderen Spektrum auch keine Spur zu bemerken ist, und es ließen sich noch leicht mehrere derartige Fälle nachweisen.

Durch diese Betrachtungen soll jedoch der große Wert der bahnbrechenden Arbeiten von Huggins in keiner Weise berührt werden. Es ist bekannt, welche Schwierigkeiten bei der Reproduktion zarter Spektralaufnahmen stets zu überwinden sind, und diese müssen sich naturgemäß steigern, wenn es sich um die Aufnahme eines fadenförmigen Sternspektrums handelt. Es sollte hier lediglich darauf hingewiesen werden, daß auch die Reproduktionen der Hugginsschen Aufnahmen nur mit Vorsicht als Quelle für die Entnahme von Wellenlängen im ultravioletten Teile der Sternspektren benutzt werden dürfen.

Zum Schluß sei noch besonders darauf hingewiesen, daß die in der vorliegenden Arbeit mitgeteilten Wellenlängen der Linien nur als genäherte Werte zu betrachten sind, und daß erst spätere Untersuchungen hierfür die genauen zu erbringen haben. Es war ja mit dieser Arbeit auch nur beabsichtigt, einen ersten Vorstoß in diesen Teil der Sternspektren zu machen, welcher den Ausgang weiterer Untersuchungen bilden soll. Insbesondere werden die von Prof. Hartmann entdeckten ultravioletten Absorptionsbänder noch den Gegenstand eingehender Untersuchungen bilden müssen, die auch von Göttingen aus geplant sind, sobald die nötigen Hilfsmittel beschafft werden können. Immerhin ist es bemerkenswert, daß alle vorstehenden Resultate mit einem Objektivprisma von nur 4 cm Öffnung gewonnen werden konnten.

Fig. 1.

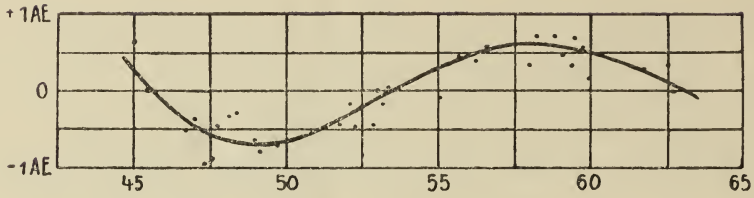


Fig. 2.

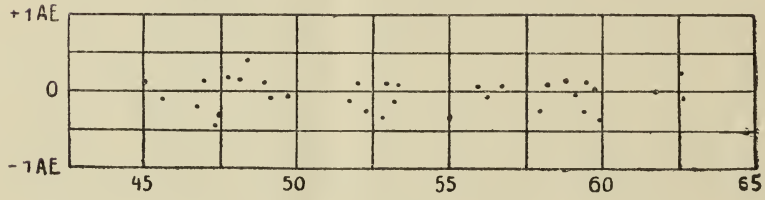


Fig. 3. β Orionis.

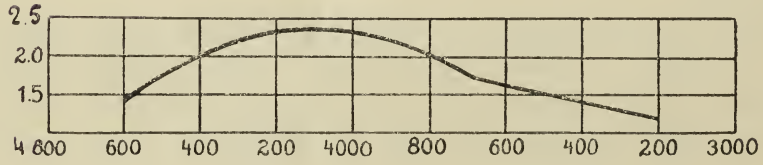
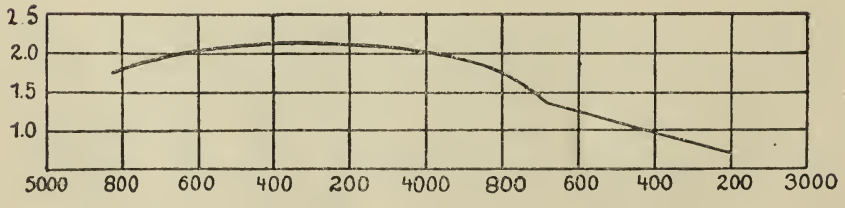


Fig. 4. α Canis Majoris.



Lebenslauf.

Geboren wurde ich, Bernhard Otto Kohl, am 30. Dezember 1889 zu Delitzsch, Prov. Sachsen. Ich bin preußischer Staatsangehörigkeit und evangelischer Konfession. Von Ostern 1899 ab besuchte ich die Oberrealschule meiner Vaterstadt, die ich Ostern 1908 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Im Sommersemester 1908 studierte ich in Göttingen Mathematik und Physik und setzte diese Studien vom Wintersemester 1908/09 bis zum Wintersemester 1910/11 in Halle fort. Im Sommer 1911 kehrte ich wieder nach Göttingen zurück, um mich nun dem Studium der Astronomie zu widmen.

Meine astronomische Ausbildung lag in den Händen der Herren Professoren Ambronn und Hartmann, an deren Vorlesungen und Übungen ich teilnahm, und ich möchte ihnen hier meinen ergebensten Dank aussprechen. Ganz besonders aber möchte ich nicht verfehlen, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Hartmann, der die Anregung zu der vorstehenden Arbeit gab, ihrer Entstehung das wärmste Interesse entgegenbrachte und mir mit stetiger Unterstützung und Beratung bei ihrer Ausführung freundlichst zur Seite stand, auch hier meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

3 0112 072835926